

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

0646-US
PC
JCS79 U.S. PTO
09/877002
2005/11/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載され
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年12月21日

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第363007号

出願人
Applicant(s):

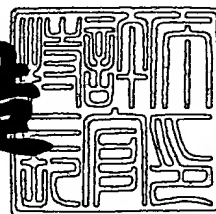
株式会社ニコン

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年11月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 99-00796

【提出日】 平成11年12月21日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04N 1/60

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
内

【氏名】 陳 浙宏

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン
内

【氏名】 石賀 健一

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100072718

【弁理士】

【氏名又は名称】 古谷 史旺

【電話番号】 3343-2901

【選任した代理人】

【識別番号】 100075591

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 榮祐

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013354

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702957

【包括委任状番号】 9702958

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 補間処理装置および補間処理プログラムを記録した記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 ～ 第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理を行う補間処理装置において、

補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、少なくとも、

- (1) 第 1 色成分に関する平均情報を表す第 1 項と、
 - (2) 補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第 2 項と、
 - (3) 補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報を表す第 3 項と
- で構成される補間値を算出する補間値算出手段

を備えたことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の補間処理装置において、

補間対象画素と第 1 色成分の色情報が存在する周辺画素とを結ぶ少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 1 の類似性判定手段と、

前記第 1 の類似性判定手段によって類似性の強弱が判定された方向とは異なる少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 2 の類似性判定手段と

を備え、

前記補間値算出手段は、

前記第 1 項および前記第 2 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、前記第 1 の類似性判定手段による判定結果に基づいて選択し、前記第 3 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、前記第 2 の類似性判定手段による判定結果に基づいて選択する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 3】 第 1 ～ 第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各

々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理を行う補間処理装置において、

補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、少なくとも、第 1 項と第 2 項との 2 つの項で構成される補間値を算出する補間値算出手段と、

補間対象画素と第 1 色成分の色情報が存在する周辺画素とを結ぶ少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 1 の類似性判定手段と、

前記第 1 の類似性判定手段によって類似性の強弱が判定された方向とは異なる少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 2 の類似性判定手段と

を備え、

前記補間値算出手段は、

前記第 1 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、前記第 1 の類似性判定手段による判定結果に基づいて選択し、前記第 2 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、前記第 2 の類似性判定手段による判定結果に基づいて選択する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の補間処理装置において、

前記補間値算出手段は、

「第 1 色成分に関する平均情報」と「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」とで構成される第 1 項と、「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報」で構成される第 2 項とを算出して、補間値を算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 5】 請求項 2 に記載の補間処理装置において、

画像データが 3 つの色成分から成る表色系で示され、第 1 色成分が第 2 色成分および第 3 色成分に比べて空間周波数が高く、第 1 色成分が市松模様状に配置されると共に、第 2 色成分および第 3 色成分がそれぞれ第 1 色成分の間に線順次に

配置され、補間対象画素に第 2 色成分が存在する場合、

前記第 1 の類似性判定手段は、

補間対象画素と第 1 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、

前記第 2 の類似性判定手段は、

補間対象画素と第 3 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、

前記補間値算出手段は、

第 3 項を算出する際に、第 1 色成分の色情報を用いるか、第 3 色成分の色情報を用いるかを、前記第 2 の類似性判定手段によって判定された類似性の強弱に応じて切り替える

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の補間処理装置において、

前記補間値算出手段は、

前記第 2 の類似性判定手段によって、前記斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定された場合、第 1 色成分の色情報を用いて第 3 項を算出し、該斜め 2 方向の類似性のうち、一方の斜め方向の類似性が他方の斜め方向の類似性よりも強いと判定された場合、第 3 色成分の色情報を用いて第 3 項を算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 7】 請求項 3 に記載の補間処理装置において、

画像データが 3 つの色成分から成る表色系で示され、第 1 色成分が第 2 色成分および第 3 色成分に比べて空間周波数が高く、第 1 色成分が市松模様状に配置されると共に、第 2 色成分および第 3 色成分がそれぞれ第 1 色成分の間に線順次に配置され、補間対象画素に第 2 色成分が存在する場合、

前記第 1 の類似性判定手段は、

補間対象画素と第 1 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該縦横 2 方向に対する

る補間対象画素の類似性の強弱を判定し、

前記第 2 の類似性判定手段は、

補間対象画素と第 3 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該斜め 2 つの方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、

前記補間値算出手段は、

第 2 項を算出する際に、第 1 色成分の色情報を用いるか、第 3 色成分の色情報を用いるかを、前記第 2 の類似性判定手段によって判定された類似性の強弱に応じて切り替える

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の補間処理装置において、

前記補間値算出手段は、

前記第 2 の類似性判定手段によって、前記斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定された場合、第 1 色成分の色情報を用いて第 2 項を算出し、該斜め 2 方向の類似性のうち、一方の斜め方向の類似性が他方の斜め方向の類似性よりも強いと判定された場合、第 3 色成分の色情報を用いて第 2 項を算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 9】 請求項 5 または請求項 7 に記載の補間処理装置において、

前記第 1 の類似性判定手段は、

前記縦横 2 方向の類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該縦横 2 方向の類似性が同程度であると判定し、

前記第 2 の類似性判定手段は、

前記斜め 2 方向の類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 10】 請求項 5 または請求項 7 に記載の補間処理装置において、

前記第 1 の類似性判定手段は、

1 つの補間対象画素につき、前記縦横 2 方向の類似度を複数の色成分の色情報を用いて算出し、

前記第 2 の類似性判定手段は、

1 つの補間対象画素につき、前記斜め 2 方向の類似度を複数の色成分の色情報を用いて算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 1】 請求項 1 0 に記載の補間処理装置において、

前記第 2 の類似性判定手段は、

前記斜め 2 方向の各々の方向毎に、

- (1) 第 1 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、
 - (2) 第 2 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、
 - (3) 第 3 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、
 - (4) 第 2 色成分および第 3 色成分の色情報から成る類似度成分と
- を加重加算して、各々の方向の類似度を算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 2】 請求項 5 または請求項 7 に記載の補間処理装置において、

前記第 1 の類似性判定手段は、

各々の画素における縦横 2 方向に対する類似度を算出し、補間対象画素のみならず周辺画素の類似度の差異に基づいて、補間対象画素の縦横 2 方向に対する類似性を判定し、

前記第 2 の類似性判定手段は、

各々の画素における斜め 2 方向に対する類似度を算出し、補間対象画素のみならず周辺画素の類似度の差異に基づいて、補間対象画素の斜め 2 方向に対する類似性を判定する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 3】 第 1 ～第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理を行う補間処理装置において、

補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素に存在する色成分の色情報を用いて、第 1 色成分に関する平均情報を表す第 1 項を算出する第 1

項算出手段と、

補間対象画素と同一の色成分が存在する複数の画素の色情報を用いて、補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第 2 項を算出する第 2 項算出手段と、

補間対象画素および周辺画素に存在する複数の色成分の色情報から成る加重係数を前記第 2 項に掛けて、前記第 1 項と加算することによって、補間値を算出する補間値算出手段と

を備えたことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 に記載の補間処理装置において、
前記補間値算出手段は、

補間対象画素および補間対象画素に対して予め決められた方向に位置する複数の画素に存在する複数の色成分の色情報を用い、各々の色成分別に該方向に対する色情報の傾きを求め、該色成分別の色情報の傾きの相関に応じて前記加重係数を算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 5】 輝度成分と色成分とから成る表色系で示され、輝度成分の空間周波数が色成分の空間周波数よりも高く、色成分の存在する画素と色成分が欠落する画素との両方に輝度成分が存在する画像データに対し、色成分が欠落する画素に色成分を補う補間処理を行う補間処理装置において、

補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置して輝度成分と色成分とが存在する複数の画素の色相値を、各々の画素の輝度成分と色成分とを用いて算出する色相値算出手段と、

前記色相値算出手段で算出された複数の画素の色相値の中央値によって、補間対象画素の色相値を算出する色相値補間手段と、

補間対象画素に存在する輝度成分を用いて、前記色相値補間手段で算出された補間対象画素の色相値を色成分に変換して、補間対象画素の色成分を補間する色変換手段と

を備えたことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 6】 輝度成分と色成分とから成る表色系で示され、輝度成分の

空間周波数が色成分の空間周波数よりも高く、1画素につき輝度成分と色成分との何れか一方が存在する画像データに対し、輝度成分が欠落する画素に輝度成分を補い色成分が欠落する画素に色成分を補う補間処理を行う補間処理装置において、

「輝度成分の補間処理の対象となる輝度成分補間対象画素と輝度成分補間対象画素の近傍に位置する画素との類似性」と「輝度成分補間対象画素を含む局所的領域内の複数の色成分」との少なくとも一方を利用して、輝度成分補間対象画素の輝度成分を補間する輝度成分補間手段と、

色成分の補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置し、色成分が存在して前記輝度成分補間手段によって輝度成分が補間された複数の画素の色相値を、各々の画素の輝度成分と色成分とを用いて算出する色相値算出手段と、

前記色相値算出手段で算出された複数の画素の色相値の中央値によって、補間対象画素の色相値を算出する色相値補間手段と、

補間対象画素に存在する輝度成分を用いて、前記色相値補間手段で算出された補間対象画素の色相値を色成分に変換して、補間対象画素の色成分を補間する色変換手段と

を備えたことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 7】 請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の補間処理装置において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分と青色成分とに対応する場合、

前記色相値補間手段は、

補間対象画素に緑色成分が存在して赤色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の赤色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出し、補間対象画素に緑色成分が存在して青色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の青色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 8】 請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の補間処理装置において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分

と青色成分とに対応する場合、

前記色相値補間手段は、

補間対象画素に青色成分が存在して赤色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の赤色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 1 9】 請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の補間処理装置において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分と青色成分とに対応する場合、

前記色相値補間手段は、

補間対象画素に赤色成分が存在して青色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の青色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する

ことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 2 0】 請求項 1 5 ないし請求項 1 9 の何れか 1 項に記載の補間処理装置において、補間対象画素に欠落する色成分が、縦横対称に配置された 4 画素のうち 1 画素のみに存在する場合、

前記色相値補間手段は、

補間対象画素の斜め方向に隣接する複数の斜め隣接画素の色相値が前記色相値算出手段によって算出されている場合、該斜め隣接画素の色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する第 1 の色相値補間部と、

補間対象画素の縦方向と横方向とに隣接する複数の縦横隣接画素の色相値が前記色相値算出手段または前記第 1 の色相値補間部によって算出されている場合、該縦横隣接画素の色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する第 2 の色相値補間部と

を備えたことを特徴とする補間処理装置。

【請求項 2 1】 第 1 ～ 第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理をコンピュ

ータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、

補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、少なくとも、

- (1) 第 1 色成分に関する平均情報を表す第 1 項と、
- (2) 補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第 2 項と、
- (3) 補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報を表す第 3 項と

で構成される補間値を算出する補間値算出手順

をコンピュータに実行させることを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 2 2】 第 1 ～第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、

補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、少なくとも、第 1 項と第 2 項との 2 つの項で構成される補間値を算出する補間値算出手順と、

補間対象画素と第 1 色成分の色情報が存在する周辺画素とを結ぶ少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 1 の類似性判定手順と、

前記第 1 の類似性判定手順によって類似性の強弱が判定された方向とは異なる少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 2 の類似性判定手順と

をコンピュータに実行させ、

前記補間値算出手順は、

前記第 1 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、前記第 1 の類似性判定手順による判定結果に基づいて選択し、前記第 2 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、前記第 2 の類似性判定手順による判定結果に基づいて選択する

ことを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 2 3】 第 1 ～ 第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、

補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素に存在する色成分の色情報を用いて、第 1 色成分に関する平均情報を表す第 1 項を算出する第 1 項算出手順と、

補間対象画素と同一の色成分が存在する複数の画素の色情報を用いて、補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第 2 項を算出する第 2 項算出手順と、

補間対象画素および周辺画素に存在する複数の色成分の色情報から成る加重係数を前記第 2 項に掛けて、前記第 1 項と加算することによって、補間値を算出する補間値算出手順と

をコンピュータに実行させることを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 2 4】 輝度成分と色成分とから成る表色系で示され、輝度成分の空間周波数が色成分の空間周波数よりも高く、色成分の存在する画素と色成分が欠落する画素との両方に輝度成分が存在する画像データに対し、色成分が欠落する画素に色成分を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、

補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置して輝度成分と色成分とが存在する複数の画素の色相値を、各々の画素の輝度成分と色成分とを用いて算出する色相値算出手順と、

前記色相値算出手順で算出された複数の画素の色相値の中央値によって、補間対象画素の色相値を算出する色相値補間手順と、

補間対象画素に存在する輝度成分を用いて、前記色相値補間手順で算出された補間対象画素の色相値を色成分に変換して、補間対象画素の色成分を補間する色変換手順と

をコンピュータに実行させることを特徴とする補間処理プログラムを記録した

記録媒体。

【請求項 2 5】 輝度成分と色成分とから成る表色系で示され、輝度成分の空間周波数が色成分の空間周波数よりも高く、1 画素につき輝度成分と色成分との何れか一方が存在する画像データに対し、輝度成分が欠落する画素に輝度成分を補い色成分が欠落する画素に色成分を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、

「輝度成分の補間処理の対象となる輝度成分補間対象画素と輝度成分補間対象画素の近傍に位置する画素との類似性」と「輝度成分補間対象画素を含む局所的領域内の複数の色成分」との少なくとも一方を利用して、輝度成分補間対象画素の輝度成分を補間する輝度成分補間手順と、

色成分の補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置し、色成分が存在して前記輝度成分補間手順によって輝度成分が補間された複数の画素の色相値を、各々の画素の輝度成分と色成分とを用いて算出する色相値算出手順と、

前記色相値算出手順で算出された複数の画素の色相値の中央値によって、補間対象画素の色相値を算出する色相値補間手順と、

補間対象画素に存在する輝度成分を用いて、前記色相値補間手順で算出された補間対象画素の色相値を色成分に変換して、補間対象画素の色成分を補間する色変換手順と

をコンピュータに実行させることを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、カラーの画像データに対し、各々の画素に欠落する色成分や輝度成分を補う補間処理を行う補間処理装置および該補間処理をコンピュータで実現させるための補間処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

電子カメラには、3色（RGB：赤・緑・青）のカラーフィルタが所定の位置に配置（例えば、バイア配列など）された撮像素子によって、カラーの画像データを生成するものがある。このような電子カメラでは、撮像素子の個々の画素から1つの色成分の色情報しか出力されないため、画素単位で全ての色成分の色情報を得るために、補間処理を行う必要がある。

【0003】

このような補間処理の方法としては、補間処理の対象となる補間対象画素の空間的な類似性を判定し、類似性の強い方向に位置する画素から出力される色情報を用いて補間値を算出する方法が従来から考えられている。

例えば、米国特許第5,629,734号明細書に開示された技術では、補間対象画素（緑色成分が欠落する画素）の色情報をA5とし、補間対象画素と同色のカラーフィルタが配された画素の色情報をA1、A3、A7、A9とし、緑のカラーフィルタが配された画素の色情報をG2、G4、G6、G8として、各画素の色情報が以下のように配置されている状態において、補間対象画素の緑の補間値G5は、式1ないし式3の何れかによって算出される。

【0004】

		A 1		
		G 2		
A 3	G 4	A 5	G 6	A 7
		G 8		
		A 9		

まず、水平方向の類似性が強い場合、補間対象画素の緑の補間値G5は、

$$G5=(G4+G6)/2+(-A3+2A5-A7)/4 \quad \cdots \text{式 1}$$

によって算出され、垂直方向の類似性が強い場合、補間対象画素の緑の補間値G5は、

$$G5=(G2+G8)/2+(-A1+2A5-A9)/4 \quad \cdots \text{式 2}$$

によって算出され、水平方向の類似性と垂直方向の類似性とが同程度である場合、補間対象画素の緑の補間値G5は、

$$G5=(G2+G4+G6+G8)/4+(-A1-A3+4A5-A7-A9)/8 \quad \cdots \text{式 3}$$

によって算出される。なお、以下の説明を簡単にするために、式 1 および式 2 の第 1 項 ($(G4+G6)/2$ 、 $(G2+G8)/2$) を主要項と称し、式 1 および式 2 の第 2 項 ($(-A3+2A5-A7)/4$ 、 $(-A1+2A5-A9)/4$) を補正項と称する。

【0005】

米国特許第 5,629,734 号明細書に開示された技術において、補間処理の対象となる画像データの類似性が水平方向に強く、A3、G4、A5、G6、A7 が図 15 の●印のように与えられていると仮定した場合、A3 と A5 との平均値を A4 とし、A5 と A7 との平均値を A6 とすると、式 1 の補正項の値は、A4 と A6 との平均値に対する A5 の差違を示すベクトル量 (図 15 の α) に相当する。また、緑の補間値 G5 は、水平方向に隣接する画素の色情報の平均値 (式 1 の主要項の値に相当する) を α だけ補正した値に相当する。

【0006】

すなわち、米国特許第 5,629,734 号明細書に開示された技術では、緑色成分と補間対象画素における色成分 (赤色成分または青色成分) との色差が一定である (図 15 において、 $(A4-G4)$ 、 $(A5-G5)$ 、 $(A6-G6)$ が一致する) と仮定し、類似性が強い方向に隣接する画素の色情報の平均値を、補間対象画素と同色の色情報を用いて補正することによって、緑の補間値を算出している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、レンズなどの光学系には、倍率色収差が存在することが知られている。

例えば、RGB の 3 色のカラーフィルタがバイア配列された撮像素子を備えた電子カメラの撮影レンズに、倍率色収差が存在する場合、図 16 に示すように、赤色成分および青色成分は、緑色成分の結像位置から、それぞれ少しずつずれた位置に結像する。

【0008】

ところで、撮影レンズに倍率色収差が存在しない状態で、各画素の色情報が図 17 (1) の●印のように与えられている場合 (補間処理の対象となる画像データの類似性が水平方向に強く、緑色成分の色情報が一定で、赤色成分や青色成分

の色情報が補間対象画素（A 5 が存在する画素）の近傍でなだらかに変化する場合は、式 1 の補正項の値が 0 となるため、G 4 と G 6 との平均値（主要項）は補正されることなく緑の補間値 G 5 となる。

【0 0 0 9】

しかし、A 3、A 5、A 7 が赤色成分の色情報であり、撮影レンズの倍率色収差によって、これらの赤色成分の色情報が右方向に 1 画素ずつずれた場合、各画素の色情報は、図 1 7（2）のように変化するようになる。そのため、このような場合、式 1 の補正項が 0 とならず、主要項が過剰に補正（以下、「過補正」と称する）され、本来、G 4 や G 6 と同程度の値となるべき緑の補間値 G 5 は、G 4 や G 6 よりも大きな値となる（以下、このような現象を「overshoot」と称する）。一方、A 3、A 5、A 7 が青色成分の色情報であり、倍率色収差によって、これらの青色成分の色情報が左方向に 1 画素ずつずれた場合、各画素の色情報は、図 1 7（3）のように変化するようになる。そのため、このような場合、式 1 の補正項は 0 とならず、本来、G 4 や G 6 と同程度の値となるべき緑の補間値 G 5 は、過補正によって、G 4 や G 6 よりも小さな値となる（以下、このような現象を「undershoot」と称する）。

【0 0 1 0】

すなわち、米国特許第 5, 6 2 9, 7 3 4 号明細書に開示された技術では、倍率色収差の影響によって、補間処理で得られたカラー画像に偽色が発生してしまう。

ところで、過補正は、倍率色収差が存在する場合に限らず、色差が変化する色境界部分でも発生する。

例えば、各画素の色情報が図 1 8（1）、（2）の●印のように与えられている場合（緑色成分の色情報が一定で、赤色成分または青色成分の色情報が補間対象画素（A 5 が存在する画素）の近傍で急変する場合）、式 1 の補正項は 0 とならず、本来、G 4 や G 6 と同程度の値となるべき緑の補間値 G 5 は、過補正によって overshoot または undershoot を生じることになる。

【0 0 1 1】

したがって、色差が変化する色境界部分では、倍率色収差が存在しない場合で

あっても、補間処理によって偽色が発生してしまう。

なお、以上説明したような偽色は、緑の補間値を算出する場合に限らず、赤や青の補間値を算出する場合にも発生し得る。

【0012】

そこで、請求項1ないし請求項18に記載の発明は、偽色の発生を抑制できる補間処理装置を提供することを目的とし、請求項19ないし請求項23に記載の発明は、偽色の発生を抑制できる補間処理プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

特に、請求項1ないし請求項14、請求項19ないし請求項21に記載の発明は、従来の補間処理における利点を失わずに瑕疵を減らし、倍率色収差による影響を低減することによって、偽色の発生を抑制することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の補間処理装置は、第1～第 n ($n \geq 3$)の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第1色成分が欠落する画素に第1色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理を行う補間処理装置において、補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、少なくとも、

- (1) 第1色成分に関する平均情報を表す第1項と、
- (2) 補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第2項と、
- (3) 補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報を表す第3項と

で構成される補間値を算出する補間値算出手段を備えたことを特徴とする。

【0014】

すなわち、請求項1に記載の発明は、「第1色成分に関する平均情報を表す第1項」を、「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第2項」および「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報を表す第3項」で補正することによって、補間値を算出する。

請求項2に記載の補間処理装置は、請求項1に記載の補間処理装置において、補間対象画素と第1色成分の色情報が存在する周辺画素とを結ぶ少なくとも2つ

の方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 1 の類似性判定手段と、第 1 の類似性判定手段によって類似性の強弱が判定された方向とは異なる少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 2 の類似性判定手段とを備え、補間値算出手段は、前記第 1 項および前記第 2 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、第 1 の類似性判定手段による判定結果に基づいて選択し、前記第 3 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、第 2 の類似性判定手段による判定結果に基づいて選択することを特徴とする。

【0015】

すなわち、請求項 2 に記載の発明では、第 2 の類似性判定手段によって類似性が判定される方向が、第 1 の類似性判定手段によって類似性が判定される方向と異なるため、第 1 項および第 2 項を算出する際に用いる色情報が位置する方向と第 3 項を算出する際に用いる色情報が位置する方向とが一致することがない。

したがって、請求項 2 に記載の発明によれば、複数の方向に位置する周辺画素の色情報を用いて、補間値を算出することができる。また、請求項 2 に記載の発明では、類似性が強い方向に位置する周辺画素の色情報を用いたり、複数の方向に位置する周辺画素の色情報を類似性の強弱に応じて加重合成するなどによって、第 1 項ないし第 3 項を算出することができる。

【0016】

請求項 3 に記載の補間処理装置は、第 1 ～第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理を行う補間処理装置において、補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、少なくとも、第 1 項と第 2 項との 2 つの項で構成される補間値を算出する補間値算出手段と、補間対象画素と第 1 色成分の色情報が存在する周辺画素とを結ぶ少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 1 の類似性判定手段と、第 1 の類似性判定手段によって類似性の強弱が判定された方向とは異なる少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 2 の類似性判定手段とを備え、補間

値算出手段は、前記第 1 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、第 1 の類似性判定手段による判定結果に基づいて選択し、前記第 2 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、第 2 の類似性判定手段による判定結果に基づいて選択することを特徴とする。

【0017】

すなわち、請求項 3 に記載の発明では、第 2 の類似性判定手段によって類似性が判定される方向が、第 1 の類似性判定手段によって類似性が判定される方向と異なるため、第 1 項を算出する際に用いる色情報が位置する方向と第 2 項を算出する際に用いる色情報が位置する方向とが一致することがない。

したがって、請求項 3 に記載の発明によれば、複数の方向に位置する周辺画素の色情報を用いて、補間値を算出することができる。また、請求項 3 に記載の発明では、類似性が強い方向に位置する周辺画素の色情報を用いたり、複数の方向に位置する周辺画素の色情報を類似性の強弱に応じて加重合成するなどによって、第 1 項および第 2 項を算出することができる。

【0018】

請求項 4 に記載の補間処理装置は、請求項 3 に記載の補間処理装置において、補間値算出手段は、「第 1 色成分に関する平均情報」と「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」とで構成される第 1 項と、「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報」で構成される第 2 項とを算出して、補間値を算出することを特徴とする。

【0019】

すなわち、請求項 4 に記載の発明は、「第 1 色成分に関する平均情報」を、「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」および「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報」で補正することによって、補間値を算出する。

請求項 5 に記載の補間処理装置は、請求項 2 に記載の補間処理装置において、画像データが 3 つの色成分から成る表色系で示され、第 1 色成分が第 2 色成分および第 3 色成分に比べて空間周波数が高く、第 1 色成分が市松模様状に配置されると共に、第 2 色成分および第 3 色成分がそれぞれ第 1 色成分の間に線順次に配置され、補間対象画素に第 2 色成分が存在する場合、第 1 の類似性判定手段は、

補間対象画素と第 1 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、第 2 の類似性判定手段は、補間対象画素と第 3 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、補間値算出手段は、第 3 項を算出する際に、第 1 色成分の色情報を用いるか、第 3 色成分の色情報を用いるかを、第 2 の類似性判定手段によって判定された類似性の強弱に応じて切り替えることを特徴とする。

【0020】

ところで、請求項 5 に記載の発明では、第 3 色成分は補間対象画素の斜め 2 方向に隣接する周辺画素に存在し、第 2 の類似性判定手段によって判定される類似性は斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似性である。

したがって、請求項 5 に記載の発明では、斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱に応じて、第 3 項を算出する際に第 1 色成分の色情報を用いるか第 3 色成分の色情報を用いるかを切り替えることによって、斜め方向の類似性が第 3 項に反映される。

【0021】

請求項 6 に記載の補間処理装置は、請求項 5 に記載の補間処理装置において、補間値算出手段は、第 2 の類似性判定手段によって、前記斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定された場合、第 1 色成分の色情報を用いて第 3 項を算出し、該斜め 2 方向の類似性のうち、一方の斜め方向の類似性が他方の斜め方向の類似性よりも強いと判定された場合、第 3 色成分の色情報を用いて第 3 項を算出することを特徴とする。

【0022】

すなわち、請求項 6 に記載の発明によれば、第 3 項を算出する際に、斜め方向の類似性が確実に反映される。

請求項 7 に記載の補間処理装置は、請求項 3 に記載の補間処理装置において、画像データが 3 つの色成分から成る表色系で示され、第 1 色成分が第 2 色成分および第 3 色成分に比べて空間周波数が高く、第 1 色成分が市松模様状に配置され

ると共に、第 2 色成分および第 3 色成分がそれぞれ第 1 色成分の間に線順次に配置され、補間対象画素に第 2 色成分が存在する場合、第 1 の類似性判定手段は、補間対象画素と第 1 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、第 2 の類似性判定手段は、補間対象画素と第 3 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該斜め 2 つの方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、補間値算出手段は、第 2 項を算出する際に、第 1 色成分の色情報を用いるか、第 3 色成分の色情報を用いるかを、第 2 の類似性判定手段によって判定された類似性の強弱に応じて切り替えることを特徴とする。

【0023】

ところで、請求項 7 に記載の発明では、第 3 色成分は補間対象画素の斜め 2 方向に隣接する周辺画素に存在し、第 2 の類似性判定手段によって判定される類似性は斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似性である。

したがって、請求項 7 に記載の発明では、斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱に応じて、第 2 項を算出する際に第 1 色成分の色情報を用いるか第 3 色成分の色情報を用いるかを切り替えることによって、斜め方向の類似性が第 2 項に反映される。

【0024】

請求項 8 に記載の補間処理装置は、請求項 7 に記載の補間処理装置において、補間値算出手段は、第 2 の類似性判定手段によって、前記斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定された場合、第 1 色成分の色情報を用いて第 2 項を算出し、該斜め 2 方向の類似性のうち、一方の斜め方向の類似性が他方の斜め方向の類似性よりも強いと判定された場合、第 3 色成分の色情報を用いて第 2 項を算出することを特徴とする。

【0025】

すなわち、請求項 8 に記載の発明によれば、第 2 項を算出する際に、斜め方向の類似性が確実に反映される。

請求項 9 に記載の補間処理装置は、請求項 5 または請求項 7 に記載の補間処理

装置において、第 1 の類似性判定手段は、前記縦横 2 方向の類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該縦横 2 方向の類似性が同程度であると判定し、第 2 の類似性判定手段は、前記斜め 2 方向の類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定することを特徴とする。

【0026】

したがって、請求項 9 に記載の発明によれば、縦横 2 方向の類似性や斜め 2 方向の類似性を判定する際のノイズの影響を低減することができる。

請求項 10 に記載の補間処理装置は、請求項 5 または請求項 7 に記載の補間処理装置において、第 1 の類似性判定手段は、1 つの補間対象画素につき、前記縦横 2 方向の類似度を複数の色成分の色情報を用いて算出し、第 2 の類似性判定手段は、1 つの補間対象画素につき、前記斜め 2 方向の類似度を複数の色成分の色情報を用いて算出することを特徴とする。

【0027】

すなわち、請求項 10 に記載の発明によれば、縦横 2 方向の類似性や斜め 2 方向の類似性を判定する際に複数の色成分の色情報が反映される。

請求項 11 に記載の補間処理装置は、請求項 10 に記載の補間処理装置において、第 2 の類似性判定手段は、前記斜め 2 方向の各々の方向毎に、

- (1) 第 1 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、
 - (2) 第 2 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、
 - (3) 第 3 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、
 - (4) 第 2 色成分および第 3 色成分の色情報から成る類似度成分と
- を加重加算して、各々の方向の類似度を算出することを特徴とする。

【0028】

すなわち、請求項 11 に記載の発明によれば、斜め 2 方向の類似性を判定する際に、複数の色成分の色情報が確実に反映される。

請求項 12 に記載の補間処理装置は、請求項 5 または請求項 7 に記載の補間処理装置において、第 1 の類似性判定手段は、各々の画素における縦横 2 方向に対する類似度を算出し、補間対象画素のみならず周辺画素の類似度の差異に基づいて、補間対象画素の縦横 2 方向に対する類似性を判定し、第 2 の類似性判定手段

は、各々の画素における斜め 2 方向に対する類似度を算出し、補間対象画素のみならず周辺画素の類似度の差異に基づいて、補間対象画素の斜め 2 方向に対する類似性を判定することを特徴とする。

【0 0 2 9】

すなわち、請求項 1 2 に記載の発明によれば、縦横 2 方向の類似性や斜め 2 方向の類似性を判定する際に周辺画素との連続性が反映される。

請求項 1 3 に記載の補間処理装置は、第 1 ～第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理を行う補間処理装置において、補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素に存在する色成分の色情報を用いて、第 1 色成分に関する平均情報を表す第 1 項を算出する第 1 項算出手段と、補間対象画素と同一の色成分が存在する複数の画素の色情報を用いて、補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第 2 項を算出する第 2 項算出手段と、補間対象画素および周辺画素に存在する複数の色成分の色情報から成る加重係数を前記第 2 項に掛けて、前記第 1 項と加算することによって、補間値を算出する補間値算出手段とを備えたことを特徴とする。

【0 0 3 0】

すなわち、請求項 1 3 に記載の発明は、「第 1 色成分に関する平均情報」を、補間対象画素および周辺画素に存在する複数の色成分の色情報から成る加重係数を掛けた「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」で補正することによって、補間値を算出する。

請求項 1 4 に記載の補間処理装置は、請求項 1 3 に記載の補間処理装置において、補間値算出手段は、補間対象画素および補間対象画素に対して予め決められた方向に位置する複数の画素に存在する複数の色成分の色情報を用い、各々の色成分別に該方向に対する色情報の傾きを求め、該色成分別の色情報の傾きの相関に応じて前記加重係数を算出することを特徴とする。

【0 0 3 1】

すなわち、請求項 1 4 に記載の発明では、「第 1 色成分に関する平均情報」が

加重係数を掛けた「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」で補正されるが、加重係数は補間対象画素の近傍における色成分別の色情報の傾きの相関に応じて算出される。

【 0 0 3 2 】

請求項 1 5 に記載の補間処理装置は、輝度成分と色成分とから成る表色系で示され、輝度成分の空間周波数が色成分の空間周波数よりも高く、色成分の存在する画素と色成分が欠落する画素との両方に輝度成分が存在する画像データに対し、色成分が欠落する画素に色成分を補う補間処理を行う補間処理装置において、補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置して輝度成分と色成分とが存在する複数の画素の色相値を、各々の画素の輝度成分と色成分とを用いて算出する色相値算出手段と、色相値算出手段で算出された複数の画素の色相値の中央値によって、補間対象画素の色相値を算出する色相値補間手段と、補間対象画素に存在する輝度成分を用いて、色相値補間手段で算出された補間対象画素の色相値を色成分に変換して、補間対象画素の色成分を補間する色変換手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

すなわち、請求項 1 5 に記載の発明では、補間対象画素の色相値は、補間対象画素の近傍に位置する複数の画素の色相値の中央値によって算出される。

請求項 1 6 に記載の補間処理装置は、輝度成分と色成分とから成る表色系で示され、輝度成分の空間周波数が色成分の空間周波数よりも高く、1 画素につき輝度成分と色成分との何れか一方が存在する画像データに対し、輝度成分が欠落する画素に輝度成分を補い色成分が欠落する画素に色成分を補う補間処理を行う補間処理装置において、「輝度成分の補間処理の対象となる輝度成分補間対象画素と輝度成分補間対象画素の近傍に位置する画素との類似性」と「輝度成分補間対象画素を含む局所的領域内の複数の色成分」との少なくとも一方を利用して、輝度成分補間対象画素の輝度成分を補間する輝度成分補間手段と、色成分の補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置し、色成分が存在して輝度成分補間手段によって輝度成分が補間された複数の画素の色相値を、各々の画素の輝度成分と色成分とを用いて算出する色相値算出手段と、色相値算出手段で算出された複

数の画素の色相値の中央値によって、補間対象画素の色相値を算出する色相値補間手段と、補間対象画素に存在する輝度成分を用いて、色相値補間手段で算出された補間対象画素の色相値を色成分に変換して、補間対象画素の色成分を補間する色変換手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

すなわち、請求項 1 6 に記載の発明では、補間対象画素の色相値は、補間対象画素の近傍に位置する複数の画素の色相値の中央値によって算出される。

請求項 1 7 に記載の補間処理装置は、請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の補間処理装置において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分と青色成分とに対応する場合、色相値補間手段は、補間対象画素に緑色成分が存在して赤色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の赤色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出し、補間対象画素に緑色成分が存在して青色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の青色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出することを特徴とする。

【 0 0 3 5 】

すなわち、請求項 1 7 に記載の発明では、緑色成分が存在して赤色成分が欠落する補間対象画素の色相値は、近傍に位置する画素の赤色成分を含む色相値の中央値によって算出され、緑色成分が存在して青色成分が欠落する補間対象画素の色相値は、近傍に位置する画素の青色成分を含む色相値の中央値によって算出される。

【 0 0 3 6 】

請求項 1 8 に記載の補間処理装置は、請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の補間処理装置において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分と青色成分とに対応する場合、色相値補間手段は、補間対象画素に青色成分が存在して赤色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の赤色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出することを特徴とする。

【 0 0 3 7 】

すなわち、請求項 1 8 に記載の発明では、青色成分が存在して赤色成分が欠落する補間対象画素の色相値は、近傍に位置する画素の赤色成分を含む色相値の中央値によって算出される。

【0 0 3 8】

請求項 1 9 に記載の補間処理装置は、請求項 1 5 または請求項 1 6 に記載の補間処理装置において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分と青色成分とに対応する場合、色相値補間手段は、補間対象画素に赤色成分が存在して青色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の青色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出することを特徴とする。

【0 0 3 9】

すなわち、請求項 1 9 に記載の発明では、赤色成分が存在して青色成分が欠落する補間対象画素の色相値は、近傍に位置する画素の青色成分を含む色相値の中央値によって算出される。

請求項 2 0 に記載の補間処理装置は、請求項 1 5 ないし請求項 1 9 の何れか 1 項に記載の補間処理装置において、補間対象画素に欠落する色成分が、縦横対称に配置された 4 画素のうち 1 画素のみに存在する場合、色相値補間手段は、補間対象画素の斜め方向に隣接する複数の斜め隣接画素の色相値が色相値算出手段によって算出されている場合、該斜め隣接画素の色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する第 1 の色相値補間部と、補間対象画素の縦方向と横方向とに隣接する複数の縦横隣接画素の色相値が色相値算出手段または第 1 の色相値補間部によって算出されている場合、該縦横隣接画素の色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する第 2 の色相値補間部とを備えたことを特徴とする。

【0 0 4 0】

すなわち、請求項 2 0 に記載の発明では、斜め隣接画素の色相値が算出されている場合には、斜め隣接画素の色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出し、縦横隣接画素の色相値が算出されている場合には、縦横隣接画素の色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する。

請求項 2 1 に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体は、第 1 ～第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、少なくとも、

- (1) 第 1 色成分に関する平均情報を表す第 1 項と、
- (2) 補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第 2 項と、
- (3) 補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報を表す第 3 項と

で構成される補間値を算出する補間値算出手順をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0 0 4 1】

すなわち、請求項 2 1 に記載の発明は、「第 1 色成分に関する平均情報を表す第 1 項」を、「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第 2 項」および「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報を表す第 3 項」で補正することによって、補間値を算出する。

請求項 2 2 に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体は、第 1 ～第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、少なくとも、第 1 項と第 2 項との 2 つの項で構成される補間値を算出する補間値算出手順と、補間対象画素と第 1 色成分の色情報が存在する周辺画素とを結ぶ少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 1 の類似性判定手順と、第 1 の類似性判定手順によって類似性の強弱が判定された方向とは異なる少なくとも 2 つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第 2 の類似性判定手順とをコンピュータに実行させ、補間値算出手順は、前記第 1 項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、第 1 の類似性判定手順による判定結果に基づいて選

択し、前記第2項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、第2の類似性判定手順による判定結果に基づいて選択することを特徴とする。

【0042】

すなわち、請求項22に記載の発明では、第2の類似性判定手順によって類似性が判定される方向が、第1の類似性判定手順によって類似性が判定される方向と異なるため、第1項を算出する際に用いる色情報が位置する方向と第2項を算出する際に用いる色情報が位置する方向とが一致することがない。したがって、請求項22に記載の発明によれば、複数の方向に位置する周辺画素の色情報を用いて、補間値を算出することができる。また、請求項20に記載の発明では、類似性が強い方向に位置する周辺画素の色情報を用いたり、複数の方向に位置する周辺画素の色情報を類似性の強弱に応じて加重合成するなどによって、第1項および第2項を算出することができる。

【0043】

請求項23に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体は、第1～第 n ($n \geq 3$)の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第1色成分が欠落する画素に第1色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置する周辺画素に存在する色成分の色情報を用いて、第1色成分に関する平均情報を表す第1項を算出する第1項算出手順と、補間対象画素と同一の色成分が存在する複数の画素の色情報を用いて、補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第2項を算出する第2項算出手順と、補間対象画素および周辺画素に存在する複数の色成分の色情報から成る加重係数を前記第2項に掛けて、前記第1項と加算することによって、補間値を算出する補間値算出手順とをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0044】

すなわち、請求項23に記載の発明は、「第1色成分に関する平均情報」を、補間対象画素および周辺画素に存在する複数の色成分の色情報から成る加重係数を掛けた「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」で補正することによ

って、補間値を算出する。

請求項 2 4 に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体は、輝度成分と色成分とから成る表色系で示され、輝度成分の空間周波数が色成分の空間周波数よりも高く、色成分の存在する画素と色成分が欠落する画素との両方に輝度成分が存在する画像データに対し、色成分が欠落する画素に色成分を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置して輝度成分と色成分とが存在する複数の画素の色相値を、各々の画素の輝度成分と色成分とを用いて算出する色相値算出手順と、色相値算出手順で算出された複数の画素の色相値の中央値によって、補間対象画素の色相値を算出する色相値補間手順と、補間対象画素に存在する輝度成分を用いて、色相値補間手順で算出された補間対象画素の色相値を色成分に変換して、補間対象画素の色成分を補間する色変換手順とをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【 0 0 4 5 】

すなわち、請求項 2 4 に記載の発明では、補間対象画素の色相値は、補間対象画素の近傍に位置する複数の画素の色相値の中央値によって算出される。

請求項 2 5 に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体は、輝度成分と色成分とから成る表色系で示され、輝度成分の空間周波数が色成分の空間周波数よりも高く、1 画素につき輝度成分と色成分との何れか一方が存在する画像データに対し、輝度成分が欠落する画素に輝度成分を補い色成分が欠落する画素に色成分を補う補間処理をコンピュータで実現するための補間処理プログラムを記録した記録媒体において、「輝度成分の補間処理の対象となる輝度成分補間対象画素と輝度成分補間対象画素の近傍に位置する画素との類似性」と「輝度成分補間対象画素を含む局所的領域内の複数の色成分」との少なくとも一方を利用して、輝度成分補間対象画素の輝度成分を補間する輝度成分補間手順と、色成分の補間処理の対象となる補間対象画素の近傍に位置し、色成分が存在して輝度成分補間手順によって輝度成分が補間された複数の画素の色相値を、各々の画素の輝度成分と色成分とを用いて算出する色相値算出手順と、色相値算出手順で算出された複数の画素の色相値の中央値によって、補間対象画素の色相値を算出する色相値補

間手順と、補間対象画素に存在する輝度成分を用いて、色相値補間手順で算出された補間対象画素の色相値を色成分に変換して、補間対象画素の色成分を補間する色変換手順とをコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0046】

すなわち、請求項25に記載の発明では、補間対象画素の色相値は、補間対象画素の近傍に位置する複数の画素の色相値の中央値によって算出される。

ここで、上記の発明に関連する発明（《1》～《15》）を開示する。

《1》：請求項21に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、補間対象画素と第1色成分の色情報が存在する周辺画素とを結ぶ少なくとも2つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第1の類似性判定手順と、前記第1の類似性判定手順によって類似性の強弱が判定された方向とは異なる少なくとも2つの方向に対し、補間対象画素との類似性の強弱を判定する第2の類似性判定手順とを備え、前記補間値算出手順は、前記第1項および前記第2項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、前記第1の類似性判定手順による判定結果に基づいて選択し、前記第3項を算出する際に用いる色情報が存在する周辺画素の方向を、前記第2の類似性判定手順による判定結果に基づいて選択することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0047】

《2》：請求項22に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、前記補間値算出手順は、「第1色成分に関する平均情報」と「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」とで構成される第1項と、「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報」で構成される第2項とを算出して、補間値を算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0048】

《3》：《1》に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データが3つの色成分から成る表色系で示され、第1色成分が第2色成分および第3色成分に比べて空間周波数が高く、第1色成分が市松模様状に配置されると共に、第2色成分および第3色成分がそれぞれ第1色成分の間に線順次に配置され、補間対象画素に第2色成分が存在する場合、前記第1の類似性判定手順は、

補間対象画素と第 1 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、前記第 2 の類似性判定手順は、補間対象画素と第 3 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、前記補間値算出手順は、第 3 項を算出する際に、第 1 色成分の色情報を用いるか、第 3 色成分の色情報を用いるかを、前記第 2 の類似性判定手順によって判定された類似性の強弱に応じて切り替えることを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【 0 0 4 9 】

《 4 》：《 3 》に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、前記補間値算出手順は、前記第 2 の類似性判定手順によって、前記斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定された場合、第 1 色成分の色情報を用いて第 3 項を算出し、該斜め 2 方向の類似性のうち、一方の斜め方向の類似性が他方の斜め方向の類似性よりも強いと判定された場合、第 3 色成分の色情報を用いて第 3 項を算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【 0 0 5 0 】

《 5 》：請求項 2 2 に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データが 3 つの色成分から成る表色系で示され、第 1 色成分が第 2 色成分および第 3 色成分に比べて空間周波数が高く、第 1 色成分が市松模様状に配置されると共に、第 2 色成分および第 3 色成分がそれぞれ第 1 色成分の間に線順次に配置され、補間対象画素に第 2 色成分が存在する場合、前記第 1 の類似性判定手順は、補間対象画素と第 1 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該縦横 2 方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、前記第 2 の類似性判定手順は、補間対象画素と第 3 色成分が存在する周辺画素とを結ぶ斜め 2 方向に対する補間対象画素の類似度を算出し、該類似度の差異に基づいて、該斜め 2 つの方向に対する補間対象画素の類似性の強弱を判定し、前記補間値算出手順は、第 2 項を算出する際に、第 1 色成分の色情報を用いるか、第 3 色成分の色情報を用いるかを、前

記第 2 の類似性判定手順によって判定された類似性の強弱に応じて切り替えることを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【 0 0 5 1 】

《 6 》：《 5 》に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、前記補間値算出手順は、前記第 2 の類似性判定手順によって、前記斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定された場合、第 1 色成分の色情報を用いて第 2 項を算出し、該斜め 2 方向の類似性のうち、一方の斜め方向の類似性が他方の斜め方向の類似性よりも強いと判定された場合、第 3 色成分の色情報を用いて第 2 項を算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【 0 0 5 2 】

《 7 》：《 3 》または《 5 》に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、前記第 1 の類似性判定手順は、前記縦横 2 方向の類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該縦横 2 方向の類似性が同程度であると判定し、前記第 2 の類似性判定手順は、前記斜め 2 方向の類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該斜め 2 方向の類似性が同程度であると判定することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【 0 0 5 3 】

《 8 》：《 3 》または《 5 》に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、前記第 1 の類似性判定手順は、1 つの補間対象画素につき、前記縦横 2 方向の類似度を複数の色成分の色情報を用いて算出し、前記第 2 の類似性判定手順は、1 つの補間対象画素につき、前記斜め 2 方向の類似度を複数の色成分の色情報を用いて算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【 0 0 5 4 】

《 9 》：《 8 》に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、前記第 2 の類似性判定手順は、前記斜め 2 方向の各々の方向毎に、

- (1) 第 1 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、
- (2) 第 2 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、
- (3) 第 3 色成分のみの色情報から成る類似度成分と、

(4) 第2色成分および第3色成分の色情報から成る類似度成分とを加重加算して、各々の方向の類似度を算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0055】

《10》：《3》または《5》に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、前記第1の類似性判定手順は、各々の画素における縦横2方向に対する類似度を算出し、補間対象画素のみならず周辺画素の類似度の差異に基づいて、補間対象画素の縦横2方向に対する類似性を判定し、前記第2の類似性判定手順は、各々の画素における斜め2方向に対する類似度を算出し、補間対象画素のみならず周辺画素の類似度の差異に基づいて、補間対象画素の斜め2方向に対する類似性を判定することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0056】

《11》：請求項23に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、前記補間値算出手順は、補間対象画素および補間対象画素に対して予め決められた方向に位置する複数の画素に存在する複数の色成分の色情報を用い、各々の色成分別に該方向に対する色情報の傾きを求め、該色成分別の色情報の傾きの相関に応じて前記加重係数を算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0057】

《12》：請求項24または請求項25に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分と青色成分とに対応する場合、前記色相値補間手順は、補間対象画素に緑色成分が存在して赤色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の赤色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出し、補間対象画素に緑色成分が存在して青色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の青色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0058】

《13》：請求項24または請求項25に記載の補間処理プログラムを記録した

記録媒体において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分と青色成分とに対応する場合、前記色相値補間手順は、補間対象画素に青色成分が存在して赤色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の赤色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0059】

《14》：請求項24または請求項25に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データの輝度成分が緑色成分に対応し、画像データの色成分が赤色成分と青色成分とに対応する場合、前記色相値補間手順は、補間対象画素に赤色成分が存在して青色成分が欠落する場合、補間対象画素の近傍に位置する画素の青色成分を含む色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出することを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0060】

《15》：請求項24、請求項25、《12》、《13》、《14》の何れか1項に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体において、補間対象画素に欠落する色成分が、縦横対称に配置された4画素のうち1画素のみに存在する場合、前記色相値補間手順は、補間対象画素の斜め方向に隣接する複数の斜め隣接画素の色相値が前記色相値算出手順によって算出されている場合、該斜め隣接画素の色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する第1の色相値補間部と、補間対象画素の縦方向と横方向とに隣接する複数の縦横隣接画素の色相値が前記色相値算出手順または前記第1の色相値補間部によって算出されている場合、該縦横隣接画素の色相値の中央値によって補間対象画素の色相値を算出する第2の色相値補間部とを備えたことを特徴とする補間処理プログラムを記録した記録媒体。

【0061】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づいて、本発明の実施形態について詳細を説明する。

図1は、第1の実施形態ないし第4の実施形態に対応する電子カメラの機能ブロック図である。

なお、第 1 の実施形態に対応する電子カメラは、請求項 1 ないし請求項 1 2、請求項 1 5 ないし請求項 2 0 に記載の補間処理装置が行う補間処理の機能を備えた電子カメラに相当し、第 2 の実施形態に対応する電子カメラは、請求項 1 ないし請求項 4、請求項 1 5 ないし請求項 2 0 に記載の補間処理装置が行う補間処理の機能を備えた電子カメラに相当し、第 3 の実施形態および第 4 の実施形態に対応する電子カメラは、請求項 1 3 および請求項 1 4 に記載の補間処理装置が行う補間処理の機能を備えた電子カメラに相当する。

【0062】

図 1 において、電子カメラ 1 0 は、制御部 1 1、撮影光学系 1 2、撮像部 1 3、A/D 変換部 1 4、画像処理部 1 5 および記録部 1 6 を有する。また、画像処理部 1 5 は、補間処理部（例えば、補間処理専用の 1 チップ・マイクロプロセッサ）1 7 を有する。さらに、撮像部 1 3 は、RGB のカラーフィルタがベイア配列された撮像素子（図示省略）を有している。

【0063】

なお、図 1 では、説明を簡単にするため、画像処理部 1 5 内に補間処理部 1 7 のみを記載しているが、画像処理部 1 5 内には、例えば、階調変換処理など他の画像処理を行う機能ブロックが設けられても良い。

図 1 において、制御部 1 1 は、撮像部 1 3、A/D 変換部 1 4、画像処理部 1 5 および記録部 1 6 に接続される。また、撮影光学系 1 2 で取得された光学像は、撮像部 1 3 内の撮像素子に結像する。撮像部 1 3 の出力は、A/D 変換部 1 4 によって量子化され、画像データとして画像処理部 1 5 に供給される。画像処理部 1 5 に供給された画像データは、補間処理部 1 7 によって補間処理が施され、記録部 1 6 を介して記録される。

【0064】

図 2 は、第 1 の実施形態および第 3 の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図であり、図 3 は、第 2 の実施形態および第 4 の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図である。

なお、図 2 および図 3 では、R、G、B を用いて色成分の種類を示し、i、j を用いて各々の色成分が存在する画素の位置を示している。

【 0 0 6 5 】

仮に、補間処理の対象となる補間対象画素の座標を $[i, j]$ とすると、図 2 は、補間対象画素を中心とする 7×7 の画素の配列を示していることになり、図 3 は、補間対象画素を中心とする 5×5 の画素の配列を示していることになる。また、図 2 (1) および図 3 (1) は、赤色成分が存在する画素を補間対象画素とした場合の配列を示し、図 2 (2) および図 3 (3) は、青色成分が存在する画素を補間対象画素とした場合の配列を示す。

【 0 0 6 6 】

ところで、後述する各実施形態において、補間処理部 1 7 は、緑色成分が欠落する画素に緑の補間値を補う補間処理（以下、「G 補間処理」と称する。）を行った後に、赤色成分や青色成分が欠落する画素に赤の補間値や青の補間値を補う補間処理（以下、「R B 補間処理」と称する。）を行う。ただし、青の補間値を補う補間処理（以下、「B 補間処理」と称する。）は、赤の補間値を補う補間処理（以下、「R 補間処理」と称する。）と同様に行えるため、説明を省略する。

【 0 0 6 7 】

また、以下では、説明を簡単にするため、座標 $[i, j]$ に位置する画素を G 補間処理における補間対象画素とする。また、後述する各実施形態の G 補間処理では、補間対象画素の色成分の種類（赤または青）に関係なく、緑の補間値を算出することができるため、図 2 および図 3 の R および B を Z に置き換えて、補間対象画素の色情報を $Z[i, j]$ によって表現し、他の画素の色情報についても同様に表現する。

【 0 0 6 8 】

《第 1 の実施形態》

図 4 および図 5 は、第 1 の実施形態における補間処理部 1 7 の動作フローチャートであるが、図 4 は、G 補間処理における補間処理部 1 7 の動作を示し、図 5 は、R 補間処理における補間処理部 1 7 の動作を示す。

以下、第 1 の実施形態の動作を説明するが、ここでは、図 4 および図 5 を参照して補間処理部 1 7 の動作を説明する。

【 0 0 6 9 】

まず、補間処理部 1 7 は、緑色成分が欠落する画素を補間対象画素として、縦方向の類似度 $C_v[i, j]$ および横方向の類似度 $C_h[i, j]$ を算出する（図 4 S 1）。

ここで、第 1 の実施形態で行われる縦方向の類似度 $C_v[i, j]$ および横方向の類似度 $C_h[i, j]$ を算出する処理の詳細を説明する。

【 0 0 7 0 】

まず、補間処理部 1 7 は、以下の式 1 0 ～式 2 1 によって定義される縦方向および横方向に対する複数種類の類似度成分を算出する。

縦方向の GG 間類似度成分： $C_{v1}[i, j] = |G[i, j-1] - G[i, j+1]| \cdots$ 式 1 0

横方向の GG 間類似度成分： $C_{h1}[i, j] = |G[i-1, j] - G[i+1, j]| \cdots$ 式 1 1

縦方向の BB(RR) 間類似度成分：

$C_{v2}[i, j] = (|Z[i-1, j-1] - Z[i-1, j+1]| + |Z[i+1, j-1] - Z[i+1, j+1]|) / 2 \cdots$ 式 1 2

横方向の BB(RR) 間類似度成分：

$C_{h2}[i, j] = (|Z[i-1, j-1] - Z[i+1, j-1]| + |Z[i-1, j+1] - Z[i+1, j+1]|) / 2 \cdots$ 式 1 3

縦方向の RR(BB) 間類似度成分：

$C_{v3}[i, j] = (|Z[i, j-2] - Z[i, j]| + |Z[i, j+2] - Z[i, j]|) / 2 \cdots$ 式 1 4

横方向の RR(BB) 間類似度成分：

$C_{h3}[i, j] = (|Z[i-2, j] - Z[i, j]| + |Z[i+2, j] - Z[i, j]|) / 2 \cdots$ 式 1 5

縦方向の GR(GB) 間類似度成分：

$C_{v4}[i, j] = (|G[i, j-1] - Z[i, j]| + |G[i, j+1] - Z[i, j]|) / 2 \cdots$ 式 1 6

横方向の GR(GB) 間類似度成分：

$C_{h4}[i, j] = (|G[i-1, j] - Z[i, j]| + |G[i+1, j] - Z[i, j]|) / 2 \cdots$ 式 1 7

縦方向の BG(RG) 間類似度成分：

$C_{v5}[i, j] = (|Z[i-1, j-1] - G[i-1, j]| + |Z[i-1, j+1] - G[i-1, j]| + |Z[i+1, j-1] - G[i+1, j]| + |Z[i+1, j+1] - G[i+1, j]|) / 4 \cdots$ 式 1 8

横方向の BG(RG) 間類似度成分：

$C_{h5}[i, j] = (|Z[i-1, j-1] - G[i, j-1]| + |Z[i-1, j+1] - G[i, j+1]| + |Z[i+1, j-1] - G[i, j-1]| + |Z[i+1, j+1] - G[i, j+1]|) / 4 \cdots$ 式 1 9

縦方向の輝度間類似度成分：

$C_{v6}[i, j] = (|Y[i, j-1] - Y[i, j]| + |Y[i, j+1] - Y[i, j]|) / 2 \cdots$ 式 2 0

横方向の輝度間類似度成分：

$$\text{Ch6}[i, j] = (|Y[i-1, j] - Y[i, j]| + |Y[i+1, j] - Y[i, j]|) / 2 \cdots \text{式 2 1}$$

ただし、式 2 0 および式 2 1 において、 $Y[i, j]$ は、

$$Y[i, j] = (4 \cdot A[i, j] + 2 \cdot (A[i, j-1] + A[i, j+1] + A[i-1, j] + A[i+1, j]) + A[i-1, j-1] + A[i-1, j+1] + A[i+1, j-1] + A[i+1, j+1]) / 16 \cdots \text{式 2 2}$$

によって算出される値であり、補間対象画素の周辺に位置する周辺画素の色成分の色情報をR:G:B=1:2:1の比で平均化するフィルタリング処理で生成される輝度に相当する。なお、 $A[i, j]$ は、ベイヤ配列上の任意の色情報を表し、配置場所に応じてGまたはZの値をとる。

【0 0 7 1】

次に、補間処理部 1 7 は、以下の式 2 3 および式 2 4 に示すようにして、加重係数 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ によって、複数種類の類似度成分を各々の方向毎に加重加算する。

$$\text{Cv0}[i, j] = (a_1 \cdot \text{Cv1}[i, j] + a_2 \cdot \text{Cv2}[i, j] + a_3 \cdot \text{Cv3}[i, j] + a_4 \cdot \text{Cv4}[i, j] + a_5 \cdot \text{Cv5}[i, j] + a_6 \cdot \text{Cv6}[i, j]) / (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6) \cdots \text{式 2 3}$$

$$\text{Ch0}[i, j] = (a_1 \cdot \text{Ch1}[i, j] + a_2 \cdot \text{Ch2}[i, j] + a_3 \cdot \text{Ch3}[i, j] + a_4 \cdot \text{Ch4}[i, j] + a_5 \cdot \text{Ch5}[i, j] + a_6 \cdot \text{Ch6}[i, j]) / (a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6) \cdots \text{式 2 4}$$

なお、式 2 3 および式 2 4 において、加重係数 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ の比率としては、例えば、「 $a_1:a_2:a_3:a_4:a_5:a_6=2:1:1:4:4:12$ 」などが考えられる。

【0 0 7 2】

ところで、第 1 の実施形態において、縦方向および横方向に対する複数種類の類似度成分の算出および加重加算は、補間対象画素に対してだけでなく、補間対象画素の近傍に位置する周辺画素に対しても行われる。

補間処理部 1 7 は、補間対象画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算の結果 ($\text{Cv0}[i, j]$ 、 $\text{Cv0}[i-1, j-1]$ 、 $\text{Cv0}[i-1, j+1]$ 、 $\text{Cv0}[i+1, j-1]$ 、 $\text{Cv0}[i+1, j+1]$ など) を、以下の《方法 1》または《方法 2》のように加重加算して、補間対象画素の縦方向の類似度 $\text{Cv}[i, j]$ および横方向の類似度 $\text{Ch}[i, j]$ を算出する。

【0 0 7 3】

《方法 1》

$$Cv[i, j] = (4 \cdot Cv0[i, j] + Cv0[i-1, j-1] + Cv0[i-1, j+1] + Cv0[i+1, j-1] + Cv0[i+1, j+1]) / 8 \cdots \text{式 2 5}$$

$$Ch[i, j] = (4 \cdot Ch0[i, j] + Ch0[i-1, j-1] + Ch0[i-1, j+1] + Ch0[i+1, j-1] + Ch0[i+1, j+1]) / 8 \cdots \text{式 2 6}$$

《方法 2》

$$Cv[i, j] = (4 \cdot Cv0[i, j] + 2 \cdot (Cv0[i-1, j-1] + Cv0[i+1, j-1] + Cv0[i-1, j+1] + Cv0[i+1, j+1]) + Cv0[i, j-2] + Cv0[i, j+2] + Cv0[i-2, j] + Cv0[i+2, j]) / 16 \cdots \text{式 2 7}$$

$$Ch[i, j] = (4 \cdot Ch0[i, j] + 2 \cdot (Ch0[i-1, j-1] + Ch0[i+1, j-1] + Ch0[i-1, j+1] + Ch0[i+1, j+1]) + Ch0[i, j-2] + Ch0[i, j+2] + Ch0[i-2, j] + Ch0[i+2, j]) / 16 \cdots \text{式 2 8}$$

なお、《方法 1》は、図 6（1）に示すようにして補間対象画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当し、《方法 2》は、図 6（2）に示すようにして補間対象画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当する。

【0074】

ところで、上述した GG 間類似度成分、BB(RR) 間類似度成分、RR(BB) 間類似度成分のように、同じ色成分の色情報を用いて算出される類似度成分（以下、「同色間類似度成分」と称する。）は、空間周波数が低く彩色部分の多い画像に対する類似性の評価に適していることが実験によってわかっている。また、GR(GB) 間類似度成分、BG(RG) 間類似度成分のように、異なる色成分の色情報を用いて算出される類似度成分（以下、「異色間類似度成分」と称する。）は、空間周波数が高く無彩色部分が多い画像に対する類似性の評価に適していることが実験によってわかっている。さらに、輝度間類似度成分は、彩色部分と、ある程度まで空間周波数の高い部分とを擁する画像に対する類似性の評価に適していることが実験によってわかっている。

【0075】

すなわち、同色間類似度成分、異色間類似度成分、輝度間類似度成分を加重加算して得られる類似度は、多様な画像に対して類似性の評価を高精度で行うこと

が可能である。

また、同色間類似度成分として算出される 3 種類の類似度成分（GG間類似度成分、BB(RR)間類似度成分、RR(BB)間類似度成分）は、類似性の評価に際して果たす役割を色成分同士で互いに補うことができ、異色間類似度成分として算出される 2 種類の類似度成分（GR(GB)間類似度成分、BG(RG)間類似度成分）も、類似性の評価に際して果たす役割を色成分同士で互いに補うことができる。

【0076】

さらに、第 1 の実施形態では、補間対象画素における類似度成分の加重加算の結果と、周辺画素における類似度成分の加重加算の結果とを加重加算することによって、縦方向の類似度 $C_v[i, j]$ および横方向の類似度 $C_h[i, j]$ が算出される。そのため、縦方向の類似度 $C_v[i, j]$ および横方向の類似度 $C_h[i, j]$ は、補間対象画素と補間対象画素の近傍に位置する画素とにおける色情報の連続性が反映され易い。

【0077】

特に、《方法 2》によって算出される縦方向の類似度 $C_v[i, j]$ および横方向の類似度 $C_h[i, j]$ は、広範囲に位置する画素の色成分の色情報が反映されるため、倍率色収差が大きい画像に対する類似性の評価に有効である。

なお、第 1 の実施形態において、縦方向の類似度 $C_v[i, j]$ および横方向の類似度 $C_h[i, j]$ は、値が小さい程、類似性が強いことを示す。

【0078】

補間処理部 17 は、以上説明したようにして縦方向の類似度 $C_v[i, j]$ および横方向の類似度 $C_h[i, j]$ を算出すると、縦方向の類似度 $C_v[i, j]$ および横方向の類似度 $C_h[i, j]$ に基づき、補間対象画素の縦方向および横方向の類似性（以下、「縦横類似性」と称する。）を比較する（図 4 S 2）。そして、このような比較結果として、縦横類似性を示す指標 $HV[i, j]$ に以下のような値を設定する。

【0079】

例えば、補間処理部 17 は、任意の閾値 $T1$ について、

$$|C_v[i, j] - C_h[i, j]| > T1 \quad \text{かつ} \quad C_v[i, j] < C_h[i, j]$$

が成り立つ場合、横方向よりも縦方向の類似性が強いと判断して指標 $HV[i, j]$ に

1 を設定し（図 4 S 3）、

$$|Cv[i,j]-Ch[i,j]|>T1 \quad \text{かつ} \quad Cv[i,j]>Ch[i,j]$$

が成り立つ場合、縦方向よりも横方向の類似性が強いと判定して指標HV[i,j]に
- 1 を設定し（図 4 S 4）、

$$|Cv[i,j]-Ch[i,j]| \leq T1$$

が成り立つ場合、縦横間で類似性に区別がつかないと判定して指標HV[i,j]に 0
を設定する（図 4 S 5）。

【 0 0 8 0 】

なお、閾値T1は、縦方向の類似度Cv[i,j]と横方向の類似度Ch[i,j]との差異が
微少である場合、ノイズの影響によって一方の類似性が強いと誤判定されること
を避ける役割を果たす。そのため、ノイズの多いカラー画像に対しては、閾値T1
の値を高く設定することによって、縦横類似性の判定の精度が高められる。

次に、補間処理部 1 7 は、補間対象画素における斜め45度方向の類似度C45[i,
j]および斜め135度方向の類似度C135[i,j]を算出する（図 4 S 6）。

【 0 0 8 1 】

ここで、第 1 の実施形態で行われる斜め45度方向の類似度C45[i,j]および斜め
135度方向の類似度C135[i,j]を算出する処理の詳細を説明する。

まず、補間処理部 1 7 は、以下の式 2 9 ～式 3 6 によって定義される斜め45度
方向および斜め135度方向に対する複数種類の類似度成分を算出する。

斜め45度方向のGG間類似度成分：

$$C45_1[i,j] = (|G[i,j-1]-G[i-1,j]| + |G[i+1,j]-G[i,j+1]|) / 2 \quad \cdots \text{式 2 9}$$

斜め135度方向のGG間類似度成分：

$$C135_1[i,j] = (|G[i,j-1]-G[i+1,j]| + |G[i-1,j]-G[i,j+1]|) / 2 \quad \cdots \text{式 3 0}$$

斜め45度方向のBB(RR)間類似度成分：

$$C45_2[i,j] = |Z[i+1,j-1]-Z[i-1,j+1]| \quad \cdots \text{式 3 1}$$

斜め135度方向のBB(RR)間類似度成分：

$$C135_2[i,j] = |Z[i-1,j-1]-Z[i+1,j+1]| \quad \cdots \text{式 3 2}$$

斜め45度方向のRR(BB)間類似度成分：

$$C45_3[i,j] = (|Z[i+2,j-2]-Z[i,j]| + |Z[i-2,j+2]-Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式 3 3}$$

斜め135度方向のRR(BB)間類似度成分：

$$C135_3[i, j] = (|Z[i-2, j-2] - Z[i, j]| + |Z[i+2, j+2] - Z[i, j]|) / 2 \cdots \text{式 3 4}$$

斜め45度方向のBR(RB)間類似度成分：

$$C45_4[i, j] = (|Z[i+1, j-1] - Z[i, j]| + |Z[i-1, j+1] - Z[i, j]|) / 2 \cdots \text{式 3 5}$$

斜め135度方向のBR(RB)間類似度成分：

$$C135_4[i, j] = (|Z[i-1, j-1] - Z[i, j]| + |Z[i+1, j+1] - Z[i, j]|) / 2 \cdots \text{式 3 6}$$

次に、補間処理部 1 7 は、以下の式 3 7 および式 3 8 のように、加重係数 b_1, b_2, b_3, b_4 によって、複数種類の類似度成分を各々の方向毎に加重加算する。

【0 0 8 2】

$$C45_0[i, j] = (b_1 \cdot C45_1[i, j] + b_2 \cdot C45_2[i, j] + b_3 \cdot C45_3[i, j] + b_4 \cdot C45_4[i, j]) / (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) \cdots \text{式 3 7}$$

$$C135_0[i, j] = (b_1 \cdot C135_1[i, j] + b_2 \cdot C135_2[i, j] + b_3 \cdot C135_3[i, j] + b_4 \cdot C135_4[i, j]) / (b_1 + b_2 + b_3 + b_4) \cdots \text{式 3 8}$$

なお、式 3 7 および式 3 8 において、加重係数 b_1, b_2, b_3, b_4 の比率としては、例えば、「 $b_1:b_2:b_3:b_4=2:1:1:2$ 」などが考えられる。

【0 0 8 3】

ところで、第 1 の実施形態において、斜め45度方向および斜め135度方向に対する複数種類の類似度成分の算出および加重加算は、補間対象画素に対してだけでなく周辺画素に対しても行われる。

補間処理部 1 7 は、補間対象画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算の結果 ($C45_0[i, j]$ 、 $C45_0[i-1, j-1]$ 、 $C45_0[i-1, j+1]$ 、 $C45_0[i+1, j-1]$ 、 $C45_0[i+1, j+1]$ など) を、以下の《方法 1》または《方法 2》のように加重加算して、補間対象画素の斜め45度方向の類似度 $C_v[i, j]$ および斜め135度方向の類似度 $C_h[i, j]$ を算出する (図 6 (1)、(2) に示すように補間対象画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当する)。

【0 0 8 4】

《方法 1》

$$C45[i, j] = (4 \cdot C45_0[i, j] + C45_0[i-1, j-1] + C45_0[i+1, j-1] + C45_0[i-1, j+1] + C45_0[i+1, j+1]) / 8 \cdots \text{式 3 9}$$

$$C135[i, j] = (4 \cdot C135_0[i, j] + C135_0[i-1, j-1] + C135_0[i+1, j-1] \\ + C135_0[i-1, j+1] + C135_0[i+1, j+1]) / 8 \cdots \text{式 4 0}$$

《方法 2》

$$C45[i, j] = (4 \cdot C45_0[i, j] + 2 \cdot (C45_0[i-1, j-1] + C45_0[i+1, j-1] \\ + C45_0[i-1, j+1] + C45_0[i+1, j+1]) + C45_0[i, j-2] \\ + C45_0[i, j+2] + C45_0[i-2, j] + C45_0[i+2, j]) / 16 \cdots \text{式 4 1}$$

$$C135[i, j] = (4 \cdot C135_0[i, j] + 2 \cdot (C135_0[i-1, j-1] + C135_0[i+1, j-1] \\ + C135_0[i-1, j+1] + C135_0[i+1, j+1]) + C135_0[i, j-2] \\ + C135_0[i, j+2] + C135_0[i-2, j] + C135_0[i+2, j]) / 16 \cdots \text{式 4 2}$$

なお、このようにして算出される斜め45度方向の類似度 $C45[i, j]$ および斜め135度方向の類似度 $C135[i, j]$ において、複数種類の類似度成分や周辺画素との加重加算は、上述した縦方向の類似度 $Cv[i, j]$ および横方向の類似度 $Ch[i, j]$ と同様の役割を果たす。また、第1の実施形態において、斜め45度方向の類似度 $C45[i, j]$ および斜め135度方向の類似度 $C135[i, j]$ は、値が小さい程、類似性が強いことを示す。

【0085】

補間処理部17は、斜め45度方向の類似度 $C45[i, j]$ および斜め135度方向の類似度 $C135[i, j]$ を算出すると、斜め45度方向の類似度 $C45[i, j]$ および斜め135度方向の類似度 $C135[i, j]$ に基づき、補間対象画素の斜め45度方向および斜め135度方向の類似性（以下、「斜め類似性」と称する。）を比較する（図4S7）。そして、このような比較結果として、斜め類似性を示す指標 $DN[i, j]$ に以下のような値を設定する。

【0086】

例えば、補間処理部17は、任意の閾値 $T2$ について、

$$|C45[i, j] - C135[i, j]| > T2 \quad \text{かつ} \quad C45[i, j] < C135[i, j]$$

が成り立つ場合、斜め135度方向よりも斜め45度方向の類似性が強いと判定して指標 $DN[i, j]$ に1を設定し（図4S8）、

$$|C45[i, j] - C135[i, j]| > T2 \quad \text{かつ} \quad C45[i, j] > C135[i, j]$$

が成り立つ場合、斜め45度方向よりも斜め135度方向の類似性が強いと判定して

指標 $DN[i, j]$ に -1 を設定し(図4 S 9)、

$$|C45[i, j] - C135[i, j]| \leq T2$$

が成り立つ場合、斜め方向間で類似性に区別がつかないと判定して指標 $DN[i, j]$ に 0 を設定する(図4 S 1 0)。

【0 0 8 7】

なお、閾値 $T2$ は、上述した閾値 $T1$ と同様に、ノイズの影響によって一方の類似性が強いと誤判定されることを避ける役割を果たす。

次に、補間処理部 1 7 は、縦横類似性を示す指標 $HV[i, j]$ と斜め類似性を示す指標 $DN[i, j]$ とが如何なる値であるかを判定して(図4 S 1 1)、補間対象画素の類似性の強さを、以下のcase1~case9の何れかに分類する。

【0 0 8 8】

case1: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (1, 1)$: 縦および斜め45度方向の類似性が強い。

case2: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (1, 0)$: 縦方向の類似性が強い。

case3: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (1, -1)$: 縦および斜め135度方向の類似性が強い。

case4: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (0, 1)$: 斜め45度方向の類似性が強い。

case5: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (0, 0)$: 全ての方向の類似性が強い、または、全ての方向の類似性が弱い。

【0 0 8 9】

case6: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (0, -1)$: 斜め135度方向の類似性が強い。

case7: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (-1, 1)$: 横および斜め45度方向の類似性が強い。

case8: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (-1, 0)$: 横方向の類似性が強い。

case9: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (-1, -1)$: 横および斜め135度方向の類似性が強い。

図7は、 $(HV[i, j], DN[i, j])$ の値に対応する類似性の強い方向を示す図である。

【0 0 9 0】

ところで、図7では、「case5: $(HV[i, j], DN[i, j]) = (0, 0)$ 」に対応する表示がされていないが、case5のように、全ての方向の類似性が強い、または、全ての方向の類似性が弱い場合とは、補間対象画素が平坦部に属している、または、孤立点(周辺画素との類似性の弱い空間周波数の高い画像部分)であることに相当

する。

次に、補間処理部 1 7 は、上述した判定結果に応じて、以下のようにして緑の補間値 $G[i, j]$ を算出する。

【 0 0 9 1 】

case1 のとき、 $G[i, j] = Gv45[i, j]$: 図 4 S 1 2

case2 のとき、 $G[i, j] = Gv[i, j]$: 図 4 S 1 3

case3 のとき、 $G[i, j] = Gv135[i, j]$: 図 4 S 1 4

case4 のとき、 $G[i, j] = (Gv45[i, j] + Gh45[i, j]) / 2$: 図 4 S 1 5

case5 のとき、 $G[i, j] = (Gv[i, j] + Gh[i, j]) / 2$: 図 4 S 1 6

case6 のとき、 $G[i, j] = (Gv135[i, j] + Gh135[i, j]) / 2$: 図 4 S 1 7

case7 のとき、 $G[i, j] = Gh45[i, j]$: 図 4 S 1 8

case8 のとき、 $G[i, j] = Gh[i, j]$: 図 4 S 1 9

case9 のとき、 $G[i, j] = Gh135[i, j]$: 図 4 S 2 0

ただし、

$$\begin{aligned} Gv[i, j] = & (G[i, j-1] + G[i, j+1]) / 2 \\ & + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i, j-2] - Z[i, j+2]) / 8 \\ & + (2 \cdot G[i-1, j] - G[i-1, j-2] - G[i-1, j+2] \\ & + 2 \cdot G[i+1, j] - G[i+1, j-2] - G[i+1, j+2]) / 16 \quad \cdots \text{式 4 3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Gv45[i, j] = & (G[i, j-1] + G[i, j+1]) / 2 \\ & + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i, j-2] - Z[i, j+2]) / 8 \\ & + (2 \cdot Z[i-1, j+1] - Z[i-1, j-1] - Z[i-1, j+3] \\ & + 2 \cdot Z[i+1, j-1] - Z[i+1, j-3] - Z[i+1, j+1]) / 16 \quad \cdots \text{式 4 4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Gv135[i, j] = & (G[i, j-1] + G[i, j+1]) / 2 \\ & + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i, j-2] - Z[i, j+2]) / 8 \\ & + (2 \cdot Z[i-1, j-1] - Z[i-1, j-3] - Z[i-1, j+1] \\ & + 2 \cdot Z[i+1, j+1] - Z[i+1, j-1] - Z[i+1, j+3]) / 16 \quad \cdots \text{式 4 5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Gh[i, j] = & (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 \\ & + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8 \\ & + (2 \cdot G[i, j-1] - G[i-2, j-1] - G[i+2, j-1] \end{aligned}$$

$$+2 \cdot G[i, j+1] - G[i-2, j+1] - G[i+2, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 6}$$

$$G_{h45}[i, j] = (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2$$

$$+ (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8$$

$$+ (2 \cdot Z[i+1, j-1] - Z[i-1, j-1] - Z[i+3, j-1]$$

$$+ 2 \cdot Z[i-1, j+1] - Z[i-3, j+1] - Z[i+1, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 7}$$

$$G_{h135}[i, j] = (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2$$

$$+ (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8$$

$$+ (2 \cdot Z[i-1, j-1] - Z[i-3, j-1] - Z[i+1, j-1]$$

$$+ 2 \cdot Z[i+1, j+1] - Z[i-1, j+1] - Z[i+3, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 8}$$

である。

【0 0 9 2】

図 8 は、緑の補間値 $G[i, j]$ を算出する際に用いる色情報の位置を示す図である。

図 8 において、○印が付与された画素の色情報は、緑の補間値 $G[i, j]$ を構成する変曲情報に寄与する色情報である。

なお、 $G_v[i, j]$ および $G_h[i, j]$ は、演算処理を簡略化する場合、以下の式によって算出しても良い。

【0 0 9 3】

$$G_v[i, j] = (G[i, j-1] + G[i, j+1]) / 2$$

$$+ (2 \cdot Z[i, j] - Z[i, j-2] - Z[i, j+2]) / 4 \cdots \text{式 4 4'}$$

$$G_h[i, j] = (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2$$

$$+ (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 4 \cdots \text{式 4 6'}$$

ところで、式 4 3 ～ 式 4 8 において、第 1 項は「緑色成分に関する平均情報」であり、式 1 や式 2 の主要項に対応する。また、第 2 項は「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」であり、第 3 項は「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報」である。

【0 0 9 4】

すなわち、第 1 の実施形態では、緑色成分に関する平均情報を、「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」および「補間対象画素と異なる色成分に関

する変曲情報」によって補正している。

例えば、斜め方向の類似性が強く、 $Gv45[i, j]$ 、 $Gv135[i, j]$ 、 $Gh45[i, j]$ 、 $Gh135[i, j]$ を用いて緑の補間値を算出する場合 (case1、case3、case4、case6、case7、case9) には、互いに逆位相を示す赤色成分に関する変曲情報と青色成分に関する変曲情報とによって、緑色成分に関する平均情報 (主要項) が補正されることになる。

【0095】

すなわち、図9 (1) (図16 (2)、(3) を重ね合わせた図に相当する) のように、倍率色収差によって、赤色成分の色情報と青色成分の色情報とが緑色成分に対してずれている場合であっても、主要項は、図9 (2) のように、赤色成分の色情報と青色成分の色情報との平均的な変化量に応じて補正される。そのため、第1の実施形態によれば、撮影光学系12に倍率色収差が存在している場合であっても、所望の画素に対する主要項を補正することが可能であり、米国特許第5,629,734号明細書に開示されたG補間処理で生じるovershootとundershootとが打ち消し合うことを意味する。したがって、第1の実施形態によれば、過補正による偽色の発生を低減することができる。

【0096】

なお、overshootは、赤色成分の色情報による主要項の補正時だけでなく、青色成分の色情報による主要項の補正時にも生じる可能性があるが、第1の実施形態において、各々の色成分に対応するovershootの値は、平均化されるので、米国特許第5,629,734号明細書に開示されたG補間処理で生じるovershootの値を超えることはない。また、undershootが、青色成分の色情報による主要項の補正時および赤色成分の色情報による主要項の補正時で生じても、第1の実施形態で生じるundershootの値は、米国特許第5,629,734号明細書に開示されたG補間処理で生じるundershootの値を超えることはない。

【0097】

ところで、第1の実施形態では、G補間処理の対象となる画像データが図2に示すようにバイア配列されており、赤色成分の色情報と青色成分の色情報とが互いに斜め方向に位置するため、例えば、補間対象画素に青色成分の色情報が存在

する場合、主要項を補正すべき赤色成分に関する変曲情報は、補間対象画素との類似性が強い斜め方向に位置する赤色成分の色情報によって算出される。また、緑色の補間値は、式 4 4 における $Z[i-1, j+3]$ 、 $Z[i+1, j-3]$ や式 4 5 における $Z[i-1, j-3]$ 、 $Z[i+1, j+3]$ や式 4 7 における $Z[i+3, j-1]$ 、 $Z[i-3, j+1]$ や式 4 8 における $Z[i-3, j-1]$ 、 $Z[i+3, j+1]$ のように、補間対象画素から離れた斜め方向に位置する画素の色情報を用いて算出される。

【0098】

そのため、第 1 の実施形態における G 補間処理では、高精度の斜め類似性の判定が要求されるが、補間処理部 1 7 は、斜め 45 度方向および斜め 135 度方向に対する複数種類の類似度成分を算出する際に、複数の色情報を用いることによって、高精度の斜め類似性の判定を可能にしている。

すなわち、第 1 の実施形態では、高精度の斜め類似性の判定により、G 補間処理の精度が高められる。

【0099】

また、縦方向や横方向の類似性が強く、 $G_v[i, j]$ や $G_h[i, j]$ を用いて緑の補間値を算出する場合 (case2、case8) には、「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報」として緑色成分に関する変曲情報が用いられ、緑色成分に関する平均情報は、赤色成分または青色成分に関する変曲情報と緑色成分に関する変曲情報とによって補正されることになる。

【0100】

一般に、倍率色収差の影響としては、赤色成分と緑色成分とのずれ量が大きく、青色成分と緑色成分とのずれ量が小さいことが多い。そのため、補間対象画素に赤色成分の色情報が存在する場合、緑色成分に関する変曲情報は、赤色成分に関する変曲情報の逆位相の成分として作用し、過補正による偽色の発生を低減することができる。また、補間対象画素に青色成分の色情報が存在する場合、倍率色収差の影響が少ないので、過補正による偽色が発生し難い。

【0101】

以下、R B 補間処理の動作を説明するが、ここでは、従来から行われている R B 補間処理を説明した後、第 1 の実施形態における R B 補間処理のうち、図 5 に

示した R 補間処理を説明する（B 補間処理の説明は省略する）。

まず、従来から行われている R B 補間処理としては、色差空間における線形補間処理が知られており、全ての画素の色差（赤色成分（または、青色成分）の色情報から緑色成分の色情報を減算した値）を算出した後に、補間対象画素毎に、以下の（１）～（３）の何れかの処理を行って、補間値が算出される。

【 0 1 0 2 】

（１）補間対象画素に欠落する色成分が、補間対象画素の上下方向に隣接する 2 つの画素に存在する場合、それらの 2 つの画素の色差の平均値に補間対象画素の緑色成分の色情報を加算した値を補間値とする。

（２）補間対象画素に欠落する色成分が、補間対象画素の左右方向に隣接する 2 つの画素に存在する場合、それらの 2 つの画素の色差の平均値に補間対象画素の緑色成分の色情報を加算した値を補間値とする。

【 0 1 0 3 】

（３）補間対象画素に欠落する色成分が、補間対象画素の斜め方向に隣接する 4 つの画素に存在する場合、それらの 4 つの画素の色差の平均値に補間対象画素の緑色成分の色情報を加算した値を補間値とする。

また、色差空間における線形処理に比べて偽色の抑制効果が高い非線形の median 処理を導入した補間処理も従来から行われている。

【 0 1 0 4 】

米国特許第 5, 7 9 9, 1 1 3 号明細書に開示された技術では、R G B、Y U V、Y C b C r などの何れかの表色系で示されるビデオ信号に対して 1 / 4 の解像度の間引き圧縮を行って伝送容量を削減するが、このとき消失した間引き画素の 3 成分データを補間して元の解像度と同じビデオ信号に戻す際に、非線形の median 処理が導入されている。例えば、ビデオ信号が Y C b C r 表色系で示されている場合、図 1 0 において O 印、△印、×印が付与された間引き画素の輝度成分 Y の補間値と色成分 C b、C r の補間値とが、全く同一の演算処理によって算出される。なお、エッジ部分の構造を残すため、×印が付与された画素だけは近接する 4 つの画素の median 値（中央値）で補間され、O 印が付与された画素は横方向に隣接する画素の平均値で補間され、△印が付与された画素は縦方向に隣接す

る画素の平均値で補間される。

【0 1 0 5】

しかし、このようにして行われる補間処理は、動画像における画質レベルの回復には都合が良いが、高精細が要求される静止画像には適さない。すなわち、米国特許第 5, 7 9 9, 1 1 3 号明細書に開示された技術では、輝度成分 Y と色成分 C r、C b を全く同一に扱っているため、解像を担う輝度成分 Y の補間値の精度が極めて低い。また、輝度成分 Y を median 値で補間するため、画像の構造が破壊される可能性が高く、R G B 表色系に変換した場合に偽色が拡大するおそれもある。

【0 1 0 6】

ところで、R G B のカラーフィルタがベイア配列された撮像素子によって、静止画像を生成する電子カメラでは、上述したような補間対象画素と周辺画素との類似性を利用したり、複数の色成分を利用して補間値を算出することによって、空間周波数の高い輝度成分に相当する緑色成分の補間処理（G 補間処理）を極めて高精度に行うことが可能にある。このような電子カメラでは、画像データの高周波情報が最も反映され易い緑色成分の補間処理を高精細に行ってから、赤色成分と青色成分との補間処理を緑色成分に対する色差空間における線形補間で実現することによって、画像データの高周波情報を赤色成分や青色成分に反映させて、偽色の低減を図っている。

【0 1 0 7】

例えば、各画素の色情報が [R1,G2,R3] の順で一次元に配列されている場合、赤の補間値は、

$$R2 = (R1 + R3) / 2 + (2 \cdot G2 - G1 - G3) / 2 \quad \cdots \text{式 4 9}$$

によって算出される。ただし、G2 は原画像の緑色成分の色情報を示し、G1、G3 は G 補間処理によって得られた緑の補間値を示す。

【0 1 0 8】

ところが、このような R B 補間処理では、孤立点（周辺画素との類似性の弱い空間周波数の高い画像部分）の周辺に偽色が残るという問題が生じる。従来、この種の偽色を除去するため、G 補間処理および R B 補間処理が行われた後に、画

像データをL a b表色系に変換して得られる色相 a, b 面に対して個別にmedianフィルタを掛けるという事後処理が良く用いられる。

【0 1 0 9】

しかし、このようなmedianフィルタを掛ける場合、 3×3 (= 9 点) のフィルタサイズでは、ほとんど有効に作用しないため、フィルタサイズを 5×5 (= 25 点) の広域に設定する必要がある。

すなわち、上述した電子カメラでは、静止画像の赤色成分および青色成分の補間処理において、従来の方法によるR B補間処理とmedian処理との2度手間を強いられるばかりでなく、median処理におけるフィルタサイズを大きくする必要があるため、非常に重い処理が課せられる。また、median処理におけるフィルタサイズを大きくすることによって、彩色部分の細かい構造（以下、「色構造」と称する）を破壊する危険性も高くなる。

【0 1 1 0】

そこで、第1の実施形態では、孤立点の周辺に偽色を残すことなく、色構造を破壊せずに、赤や青の補間値を高速かつ高精度で算出できるR B補間処理を提示する。ただし、以下では、このようなR B補間処理のうち、R補間処理のみを図5を参照して説明する。

まず、補間処理部17は、赤色成分の色情報が存在する画素毎に、赤色成分の色情報から緑の補間値（上述したG補間処理によって得られた値）を減算し、赤色成分を含む色差を算出する（図5 S1）。

【0 1 1 1】

例えば、補間処理部17は、赤色成分の色情報が存在する任意の座標 $[i, j]$ に位置する画素における赤色成分を含む色差 $Cr[i, j]$ を、

$$Cr[i, j] = R[i, j] - G[i, j] \quad \cdots \text{式 5 0}$$

によって算出する。

なお、第1の実施形態において、このようにして赤色成分を含む色差が算出された状態では、赤色成分を含む色差は、赤色成分の色情報が欠落して青色成分の色情報が存在する画素を斜め4方向から囲むように配置されることになる。

【0 1 1 2】

補間処理部 1 7 は、赤色成分を含む色差によって斜め 4 方向が囲まれる画素（第 1 の実施形態では、赤色成分の色情報が欠落して青色成分の色情報が存在する画素に相当する）毎に、赤色成分を含む色差を、斜め方向に位置する画素における赤色成分を含む色差の中央値で補間する（図 5 S 2）。

すなわち、第 1 の実施形態において、補間処理部 1 7 は、図 1 1（1）に示すように、赤色成分を含む色差によって斜め 4 方向が囲まれる任意の座標 $[m,n]$ に位置する画素の色差 $Cr[m,n]$ を、

$$Cr[m,n] = \text{median} \{Cr[m-1,n-1], Cr[m+1,n-1], \\ Cr[m-1,n+1], Cr[m+1,n+1]\} \quad \cdots \text{式 5 1}$$

によって算出する。ただし、 $\text{median} \{ \}$ は、複数の要素の median 値を算出する関数を示し、要素の数が偶数である場合、真ん中 2 つの要素の平均値をとるものとする。

【0 1 1 3】

ところで、第 1 の実施形態において、式 5 0 および式 5 1 によって赤色成分を含む色差が算出された状態では、赤色成分を含む色差は、赤色成分および青色成分の色情報が欠落する画素を上下左右 4 方向から囲むように配置されることになる。

補間処理部 1 7 は、赤色成分を含む色差によって上下左右 4 方向が囲まれる画素（第 1 の実施形態では、赤色成分および青色成分の色情報が欠落する画素に相当する）毎に、赤色成分を含む色差を、上下左右方向に位置する画素における赤色成分を含む色差の中央値で補間する（図 5 S 3）。

【0 1 1 4】

すなわち、第 1 の実施形態において、補間処理部 1 7 は、図 1 1（2）に示すように、赤色成分を含む色差によって上下左右 4 方向が囲まれる任意の座標 $[m,n]$ に位置する画素の色差 $Cr[m,n]$ を、

$$Cr[m,n] = \text{median} \{Cr[m,n-1], Cr[m-1,n], \\ Cr[m+1,n], Cr[m,n+1]\} \quad \cdots \text{式 5 2}$$

によって算出する。

【0 1 1 5】

次に、補間処理部 17 は、赤色成分の色情報が欠落する画素毎に、式 5 1 や式 5 2 によって算出した赤色成分を含む色差を、緑色成分の色情報（緑色の補間値であっても良い）によって赤の補間値に変換する（図 5 S 4）。

すなわち、補間処理部 17 は、任意の座標 $[m,n]$ に位置する画素の赤の補間値 $R[m,n]$ を、

$$R[m,n] = Cr[m,n] + G[m,n] \cdots \text{式 5 3}$$

によって算出する。

【0116】

以上説明した median 処理は、色相を表す色差に対してのみ行われ、輝度成分に対しては行われぬ。また、R 補間処理において、図 1 2（1）の○印が付与された画素が補間対象画素である場合、 3×5 の範囲に位置する色差 Cr を用いて×印が付与された画素における赤色成分を含む色差が算出されるので、○印が付与された画素における赤色成分を含む色差は、 3×5 の範囲に位置する色差 Cr に重み付けをして median 処理を行った結果に近い値を示す。また、図 1 2（2）の△印が付与された画素が補間対象画素である場合、 5×3 の範囲に位置する色差 Cr を用いて×印が付与された画素における赤色成分を含む色差が算出されるので、△印が付与された画素における赤色成分を含む色差は、 5×3 の範囲に位置する色差 Cr に重み付けをして median 処理を行った結果に近い値を示す。

【0117】

すなわち、第 1 の実施形態では、フィルタサイズを小さく抑えつつ、実質的には広域な median 処理と同等の効果が得られる。そのため、第 1 の実施形態によれば、色構造を破壊することなく、孤立点の周辺における偽色の発生を低減することができる。そのため、米国特許第 5,799,113 号明細書に開示された技術と比べて、偽色を低減する効果が非常に大きい。

【0118】

また、第 1 の実施形態では、図 5 S 2 と図 5 S 3 との各々の median 処理において、4 点の色差のみを用いるため、処理効率が良く、非常に高速な median 処理が可能である。

なお、第 1 の実施形態では、G 補間処理を行った後に R B 補間処理を行ってい

るが、YCbCrの表色系で示されてY、Cb、Crが4:1:1に間引かれた画像データでは、輝度成分Yが完全な状態として残っているので、G補間処理を行うことなく本実施形態と同様のRB補間処理を行うことができる。

【0119】

《第2の実施形態》

以下、第2の実施形態の動作を説明する。

なお、第2の実施形態におけるRB補間処理は、第1の実施形態と同様にして行えるため、ここでは、説明を省略する。ただし、第2の実施形態では、上述した式51によって、緑色成分の色情報が存在する画素（Gのカラーフィルタが配された画素に対応する）の一部に対して赤色成分を含む色差が補間され、緑色成分の色情報が存在する残りの画素と青色成分が存在する画素とに対する赤色成分を含む色差が式52によって補間されることになる。

【0120】

以下、G補間処理について説明する。

第2の実施形態では、図3に示すように、G補間処理の対象となる画素の横方向に、最近接の緑色成分（最も近接する緑色成分）が存在する画素が位置するため、G補間処理において、第1の実施形態で行われる類似度の算出や類似方向の判定は不要である。ただし、第2近接の緑色成分（2番目に近接する緑色成分）が存在する斜め45度方向、斜め135度方向等に対して、類似度の算出や類似方向の判定を行っても良い。

【0121】

第2の実施形態において、補間処理部17は、図3に示すように配列された画像データに基づき、以下の式54によって、緑の補間値G[i,j]を算出する。

$$\begin{aligned} G[i,j] = & (G[i-1,j] + G[i+1,j]) / 2 \\ & + (2 \cdot Z[i,j] - Z[i-2,j] - Z[i+2,j]) / 8 \\ & + (2 \cdot Z[i,j-1] - Z[i-2,j-1] - Z[i+2,j-1] \\ & + 2 \cdot Z[i,j+1] - Z[i-2,j+1] - Z[i+2,j+1]) / 16 \quad \cdots \text{式54} \end{aligned}$$

ところで、式54において、第1項は「緑色成分に関する平均情報」であり、式1や式2の主要項に対応する。また、第2項は「補間対象画素と同一の色成分

に関する変曲情報」であり、第 3 項は「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報」であるが、補間対象画素に赤色成分の色情報が存在する場合（図 3（1））、第 3 項は、「青色成分に関する変曲情報」であり、補間対象画素に青色成分の色情報が存在する場合（図 3（2））、第 3 項は、「赤色成分に関する変曲情報」である。

【0 1 2 2】

すなわち、第 2 の実施形態では、互いに逆位相を示す赤色成分に関する変曲情報と青色成分に関する変曲情報とによって、緑色成分に関する平均情報（主要項）が補正されることになる。

したがって、第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態と同様に、倍率色収差によって、赤色成分の色情報と青色成分の色情報とが緑色成分の色情報に対してずれている場合であっても、主要項は、赤色成分の色情報と青色成分の色情報との平均的な変化量に応じて補正される（図 9 参照）。そのため、第 2 の実施形態によれば、撮影光学系 1 2 に倍率色収差が存在している場合であっても、所望の画素に対する主要項を補正することが可能であり、米国特許第 5, 6 2 9, 7 3 4 号明細書に開示された G 補間処理で生じる overshoot と undershoot とが打ち消し合うことを意味する。したがって、第 2 の実施形態によれば、過補正による偽色の発生を低減することができる。

【0 1 2 3】

《第 3 の実施形態》

以下、第 3 の実施形態の動作を説明する。

なお、第 3 の実施形態における R B 補間処理は、第 1 の実施形態と同様にして行えるため、ここでは、説明を省略する。

以下、G 補間処理について説明するが、第 1 の実施形態と同じ動作については、説明を省略する。なお、第 3 の実施形態における G 補間処理と第 1 の実施形態における G 補間処理との相違点は、補間対象画素の類似性の強さを判定した後の動作が異なる点である。そのため、第 3 の実施形態では、G 補間処理における補間処理部 1 7 の動作フローチャートの図示を省略する。

【0 1 2 4】

補間処理部 1 7 は、第 1 の実施形態と同様にして補間対象画素の類似性の強さを判定し（図 4 S 1 ～ S 1 1 に相当する）、補間対象画素の類似性の強さを上述した case1 ～ case9 の何れかに分類する。

そして、補間処理部 1 7 は、類似性が強いと判定された方向に直行する方向に対し、緑色成分の傾斜 $Gk[i, j]$ と、赤色成分（または、青色成分）の傾斜 $Zk[i, j]$ とを、以下のようにして算出する。

【 0 1 2 5 】

case1 のとき、

$$Gk[i, j] = ((G[i-1, j] + G[i, j-1]) - (G[i, j+1] + G[i+1, j])) / 2 \quad \cdots \text{式 5 5}$$

$$Zk[i, j] = ((Z[i-2, j] + Z[i, j-2]) - (Z[i, j+2] + Z[i+2, j])) / 2 \quad \cdots \text{式 5 6}$$

case2 のとき、

$$Gk[i, j] = G[i, j-1] - G[i, j+1] \quad \cdots \text{式 5 7}$$

$$Zk[i, j] = Z[i, j-2] - Z[i, j+2] \quad \cdots \text{式 5 8}$$

case3 のとき、

$$Gk[i, j] = ((G[i-1, j] + G[i, j+1]) - (G[i, j-1] + G[i+1, j])) / 2 \quad \cdots \text{式 5 9}$$

$$Zk[i, j] = ((Z[i-2, j] + Z[i, j+2]) - (Z[i, j-2] + Z[i+2, j])) / 2 \quad \cdots \text{式 6 0}$$

case4 のとき、case1 と同じ

case5 のとき、 $Gk[i, j] = 1$ 、 $Zk[i, j] = 1$

case6 のとき、case3 と同じ

case7 のとき、case1 と同じ

case8 のとき、

$$Gk[i, j] = G[i-1, j] - G[i+1, j] \quad \cdots \text{式 6 1}$$

$$Zk[i, j] = Z[i-2, j] - Z[i+2, j] \quad \cdots \text{式 6 2}$$

case9 のとき、case3 と同じ

次に、補間処理部 1 7 は、以下のようにして緑の補間値 $G[i, j]$ を算出する。

【 0 1 2 6 】

case1 のとき、 $G[i, j] = Gvk[i, j]$

case2 のとき、 $G[i, j] = Gvk[i, j]$

case3 のとき、 $G[i, j] = Gvk[i, j]$

case4のとき、 $G[i, j] = (Gvk[i, j] + Ghk[i, j]) / 2$

case5のとき、 $G[i, j] = (Gvk[i, j] + Ghk[i, j]) / 2$

case6のとき、 $G[i, j] = (Gvk[i, j] + Ghk[i, j]) / 2$

case7のとき、 $G[i, j] = Ghk[i, j]$

case8のとき、 $G[i, j] = Ghk[i, j]$

case9のとき、 $G[i, j] = Ghk[i, j]$

ただし、

$Gvk[i, j] = (G[i, j-1] + G[i, j+1]) / 2$

$+ Gk[i, j] / Zk[i, j] \cdot (2 \cdot Z[i, j] - Z[i, j-2] - Z[i, j+2]) / 4 \cdots \text{式 6 3}$

$Ghk[i, j] = (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2$

$+ Gk[i, j] / Zk[i, j] \cdot (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 4 \cdots \text{式 6 4}$

である。

【 0 1 2 7 】

ところで、式 6 3 および式 6 4 において、第 1 項は、「緑色成分に関する平均情報」であり、式 1 や式 2 の主要項に対応する。また、第 2 項は、加重係数（緑色成分の傾斜 $Gk[i, j]$ と、赤色成分（または、青色成分）の傾斜 $Zk[i, j]$ との相関を示す値： $Gk[i, j] / Zk[i, j]$ ）が掛けられた「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」であり、補正項に対応する。

【 0 1 2 8 】

すなわち、第 3 の実施形態では、緑色成分に関する平均情報を、加重係数を掛けた「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」によって補正している。

ここで、加重係数を掛けずに「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」を「緑色成分に関する平均情報」に加算して補正值を算出する場合の問題点を示す。

【 0 1 2 9 】

例えば、緑色成分の色情報と赤色成分（または、青色成分）の色情報とが図 1 3 の●印のように与えられている場合（所定の位置を境に緑色成分の色情報が増加し、赤色成分（または、青色成分）の色情報が減少する場合）、「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」は正の値となる。したがって、このような

場合、加重係数を掛けずに「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」を「緑色成分に関する平均情報」に加算すると、本来、負の方向に補正されるべき、「緑色成分に関する平均情報」は、図 1 3 の△印のように正の方向に補正され overshootが生じる。

【0 1 3 0】

すなわち、色境界部分において、緑色成分の色情報と赤色成分（または、青色成分）の色情報とが所定の位置を境に逆方向に変化する場合、加重係数を掛けずに「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」を「緑色成分に関する平均情報」に加算して補正値を算出すると、overshootやundershootが生じることになる。

【0 1 3 1】

一方、本実施形態において、緑色成分の色情報と赤色成分（または、青色成分）の色情報とが図 1 3 の●印のように与えられている場合、緑色成分の傾斜 $Gk[i, j]$ の符号と赤色成分（または、青色成分）の傾斜 $Zk[i, j]$ の符号とが逆になり、加重係数は負の値となる。そのため、本実施形態では、図 1 3 の□印に示すように、「緑色成分に関する平均情報」が所望の方向に補正されるため、overshootやundershootが発生することはない。

【0 1 3 2】

すなわち、第 3 の実施形態によれば、色境界部分における過補正による偽色の発生を低減することができる。

なお、第 3 の実施形態では、加重係数の値に何ら制限を設けていないが、加重係数の値をある範囲内に制限することによって、補正項が過大になることを防ぐことができる。

【0 1 3 3】

例えば、加重係数の値の範囲としては、

$$|Gk[i, j] / Zk[i, j]| \leq 5$$

などが考えられる。

《第 4 の実施形態》

以下、第 4 の実施形態の動作を説明する。

【0134】

なお、第4の実施形態におけるRB補間処理は、第1の実施形態と同様にして行えるため、ここでは、説明を省略する。ただし、第4の実施形態では、第2の実施形態と同様に、式51によって、緑色成分の色情報が存在する画素の一部に対して赤色成分を含む色差が補間され、緑色成分の色情報が存在する残りの画素と青色の色成分が存在する画素とに対する赤色成分を含む色差が式52によって補間されることになる。

【0135】

以下、G補間処理について説明する。

第4の実施形態では、図3に示すように、G補間処理の対象となる画素の横方向に、最近接の緑色成分が存在する画素が位置するため、横方向に位置する画素に存在する色情報を用いて補間処理を行うことが最も単純である。そこで、第4の実施形態では、第3の実施形態のcase8と同様にして、緑の補間値 $G[i, j]$ を算出するものとする。

【0136】

すなわち、補間処理部17は、式65によって、緑の補間値 $G[i, j]$ を算出する。

$$G[i, j] = (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 + Gk[i, j] / Zk[i, j] \cdot (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 4 \quad \cdots \text{式 6 5}$$

ただし、

$$Gk[i, j] = G[i-1, j] - G[i+1, j] \quad \cdots \text{式 6 1}$$

$$Zk[i, j] = Z[i-2, j] - Z[i+2, j] \quad \cdots \text{式 6 2}$$

である。

【0137】

このように、第4の実施形態では、第3の実施形態と同様に、緑色成分に関する平均情報を、加重係数（緑色成分の傾斜 $Gk[i, j]$ と、赤色成分（または、青色成分）の傾斜 $Zk[i, j]$ との相関を示す値： $Gk[i, j] / Zk[i, j]$ ）を掛けた「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」によって補正している。そのため、第4の実施形態によれば、色境界部分における過補正による偽色の発生を低減するこ

とができる。

【0 1 3 8】

《第 5 の実施形態》

以下、第 5 の実施形態の動作を説明する。

図 1 4 は、第 5 の実施形態の機能ブロック図である。

なお、第 5 の実施形態は、請求項 2 1 ないし請求項 2 5 に記載の補間処理プログラムを記録した記録媒体を用いて、パーソナルコンピュータによって補間処理を実行することに相当する。

【0 1 3 9】

図 1 4 において、機能が図 1 に示す機能ブロック図と同じものについては、同じ符号を付与して示し、構成の説明については省略する。

なお、図 1 4 に示す電子カメラ 2 0 と図 1 に示した電子カメラ 1 0 との構成の相違点は、図 1 4 の制御部 2 1 と画像処理部 2 2 とが図 1 の制御部 1 1 と画像処理部 1 5 とに代えて設けられ、図 1 4 のインタフェース部 2 3 が新たに設けられた点である。

【0 1 4 0】

また、図 1 4 において、パーソナルコンピュータ 3 0 は、CPU 3 1、インタフェース部 3 2、ハードディスク 3 3 およびメモリ 3 4 を有し、CPU 3 1 は、バスを介してインタフェース部 3 2、ハードディスク 3 3 およびメモリ 3 4 に接続される。

なお、パーソナルコンピュータ 3 0 には、CD-ROM などの記録媒体に記録された補間処理プログラム（前述した各実施形態の補間処理部 1 7 と同様にして補間処理を実行する補間処理プログラム）が予めインストールされているものとする。すなわち、ハードディスク 3 3 には、このような補間処理プログラムが実行可能な状態で格納されている。

【0 1 4 1】

以下、図 1 4 を参照して第 5 の実施形態の動作を説明する。

まず、電子カメラ 2 0 では、図 1 に示した電子カメラ 1 0 と同様にして生成された画像データが画像処理部 2 2 に供給される。画像処理部 2 2 は、画像データ

に補間処理以外の画像処理（例えば、階調変換処理など）を施し、記録部 1 6 では、画像処理が施された画像データが画像ファイルの形式で記録される。

【0 1 4 2】

このような画像ファイルは、インタフェース部 2 3 を介してパーソナルコンピュータ 3 0 に供給される。

パーソナルコンピュータ 3 0 内の CPU 3 1 は、インタフェース部 3 2 を介して画像ファイルを取得すると、前述した補間処理プログラムを実行する。

すなわち、第 5 の実施形態では、前述した各実施形態と同様の補間処理をパーソナルコンピュータ 3 0 によって行うことができる。

【0 1 4 3】

【発明の効果】

上述したように、請求項 1、請求項 4、請求項 2 1 に記載の発明は、「第 1 色成分に関する平均情報」を、「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」および「補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報」で補正することによって、補間値を算出するため、過補正による偽色の発生を低減することができる。

【0 1 4 4】

また、請求項 2、請求項 3、請求項 5 ないし請求項 8、請求項 2 2 に記載の発明では、複数の方向に位置する周辺画素の色情報を類似性に応じて用い、補間値を算出する。特に、請求項 5 ないし請求項 8 に記載の発明では、斜め方向の類似性が補間値に反映される。

そのため、請求項 2、請求項 3、請求項 5 ないし請求項 8 に記載の発明によれば、画像の構造を損なうことなく、補間値を算出することができる。

【0 1 4 5】

さらに、請求項 9 に記載の発明では、類似性を判定する際のノイズの影響を低減することができ、請求項 1 0 および請求項 1 1 に記載の発明では、類似性を判定する際に複数の色成分の色情報が反映され、請求項 1 2 に記載の発明では、類似性を判定する際に周辺画素との連続性が反映される。

したがって、請求項 9 ないし請求項 1 2 に記載の発明によれば、類似性の判定の精度を向上することができる。

【0 1 4 6】

請求項 1 3、請求項 1 4、請求項 2 3 に記載の発明では、「第 1 色成分に関する平均情報」を、加重係数を掛けた「補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報」で補正することによって、補正の方向や補正の幅を、加重係数によって調整することができる。特に、請求項 1 4 に記載の発明では、加重係数が補間対象画素の近傍における色成分別の色情報の傾きの相関に応じて算出されるため、このような相関によって、「第 1 色成分に関する平均情報」を補正する際の補正の方向や補正の幅を調整することができる。

【0 1 4 7】

したがって、請求項 1 3 および請求項 1 4 に記載の発明によれば、色境界部分における過補正による偽色の発生を低減することができる。

請求項 1 5 ないし請求項 2 0、請求項 2 4、請求項 2 5 に記載の発明では、補間対象画素の色相値を、補間対象画素の近傍に位置する複数の画素の色相値の中央値によって算出できる。

【0 1 4 8】

したがって、請求項 1 5 ないし請求項 2 0 に記載の発明によれば、色構造を破壊することなく、孤立点の周辺における偽色の発生を低減することができる。また、従来の補間処理（R B 補間処理と median 処理とを合わせた処理）と比べて高速に補間値を算出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 の実施形態ないし第 4 の実施形態に対応する電子カメラの機能ブロック図である。

【図 2】

第 1 の実施形態および第 3 の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図である。

【図 3】

第 2 の実施形態および第 4 の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図である。

【図 4】

第 1 の実施形態における補間処理部の動作フローチャート（1）である。

【図 5】

第 1 の実施形態における補間処理部の動作フローチャート（2）である。

【図 6】

類似度成分の加重加算を説明する図である。

【図 7】

$(HV[i, j], DN[i, j])$ の値に対応する類似性の強い方向を示す図である。

【図 8】

緑の補間値 $G[i, j]$ を算出する際に用いる色情報の位置を示す図である。

【図 9】

倍率色収差の影響が解消される様子を説明する図である。

【図 1 0】

従来の median 処理を説明する図である。

【図 1 1】

第 1 の実施形態における median 処理の動作を説明する図である。

【図 1 2】

第 1 の実施形態における median 処理の範囲を説明する図である。

【図 1 3】

第 3 の実施形態における加重係数の役割を説明する図である。

【図 1 4】

第 5 の実施形態における機能ブロック図である。

【図 1 5】

従来の補間処理の例を説明する図である。

【図 1 6】

倍率色収差の影響を説明する図である。

【図 1 7】

倍率色収差による過補正を説明する図である。

【図 1 8】

色境界部分における過補正の影響を示す図である。

【符号の説明】

- 1 0、2 0 電子カメラ
- 1 1、2 1 制御部
- 1 2 撮影光学系
- 1 3 撮像部
- 1 4 A/D変換部
- 1 5、2 2 画像処理部
- 1 6 記録部
- 1 7 補間処理部
- 2 3、3 2 インタフェース部
- 3 0 パーソナルコンピュータ
- 3 1 CPU
- 3 3 ハードディスク
- 3 4 メモリ

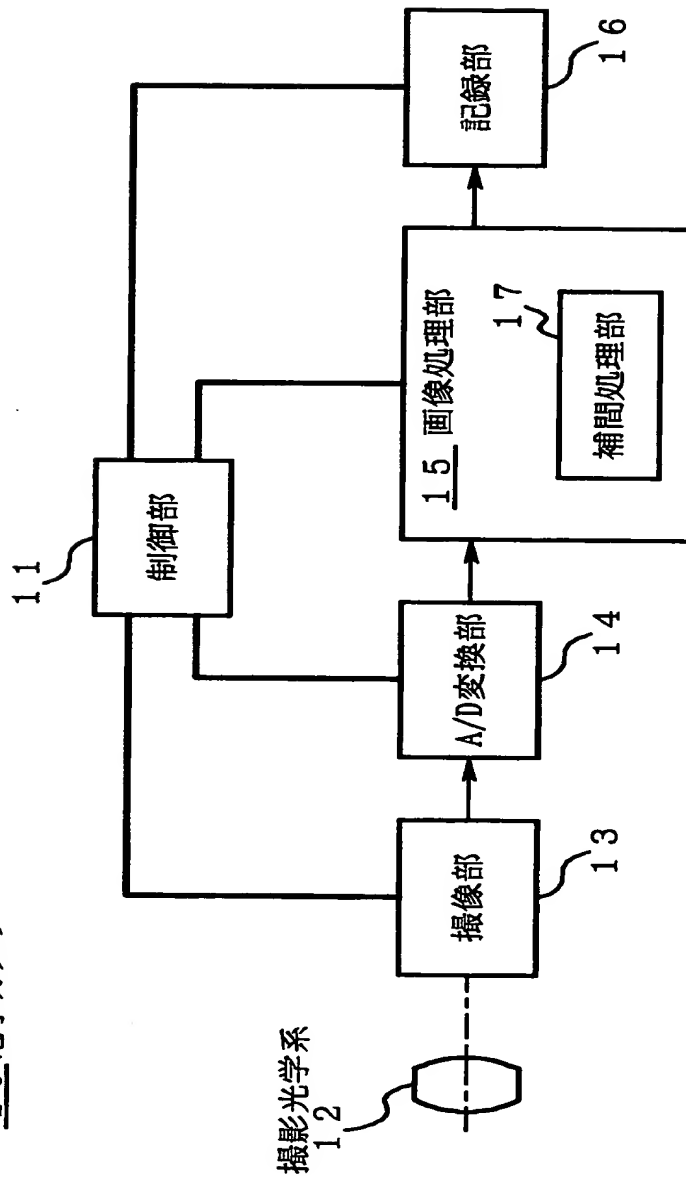
【書類名】

図面

【図 1】

第 1 の実施形態ないし第 4 の実施形態に対応する電子カメラの機能ブロック図

10 電子カメラ



【図 2】

第 1 の実施形態および第 3 の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図

座標[i,j]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	B	G	B	G	B	G	B
j-2	G	R	G	R	G	R	G
j-1	B	G	B	G	B	G	B
j	G	R	G	R	G	R	G
j+1	B	G	B	G	B	G	B
j+2	G	R	G	R	G	R	G
j+3	B	G	B	G	B	G	B

(1)

座標[i,j]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	R	G	R	G	R	G	R
j-2	G	B	G	B	G	B	G
j-1	R	G	R	G	R	G	R
j	G	B	G	B	G	B	G
j+1	R	G	R	G	R	G	R
j+2	G	B	G	B	G	B	G
j+3	R	G	R	G	R	G	R

(2)

【図 3】

第 2 の実施形態および第 4 の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図

座標[i,j]	i-2	i-1	i	i+1	i+2
j-2	R	G	R	G	R
j-1	B	G	B	G	B
j	R	G	R	G	R
j+1	B	G	B	G	B
j+2	R	G	R	G	R

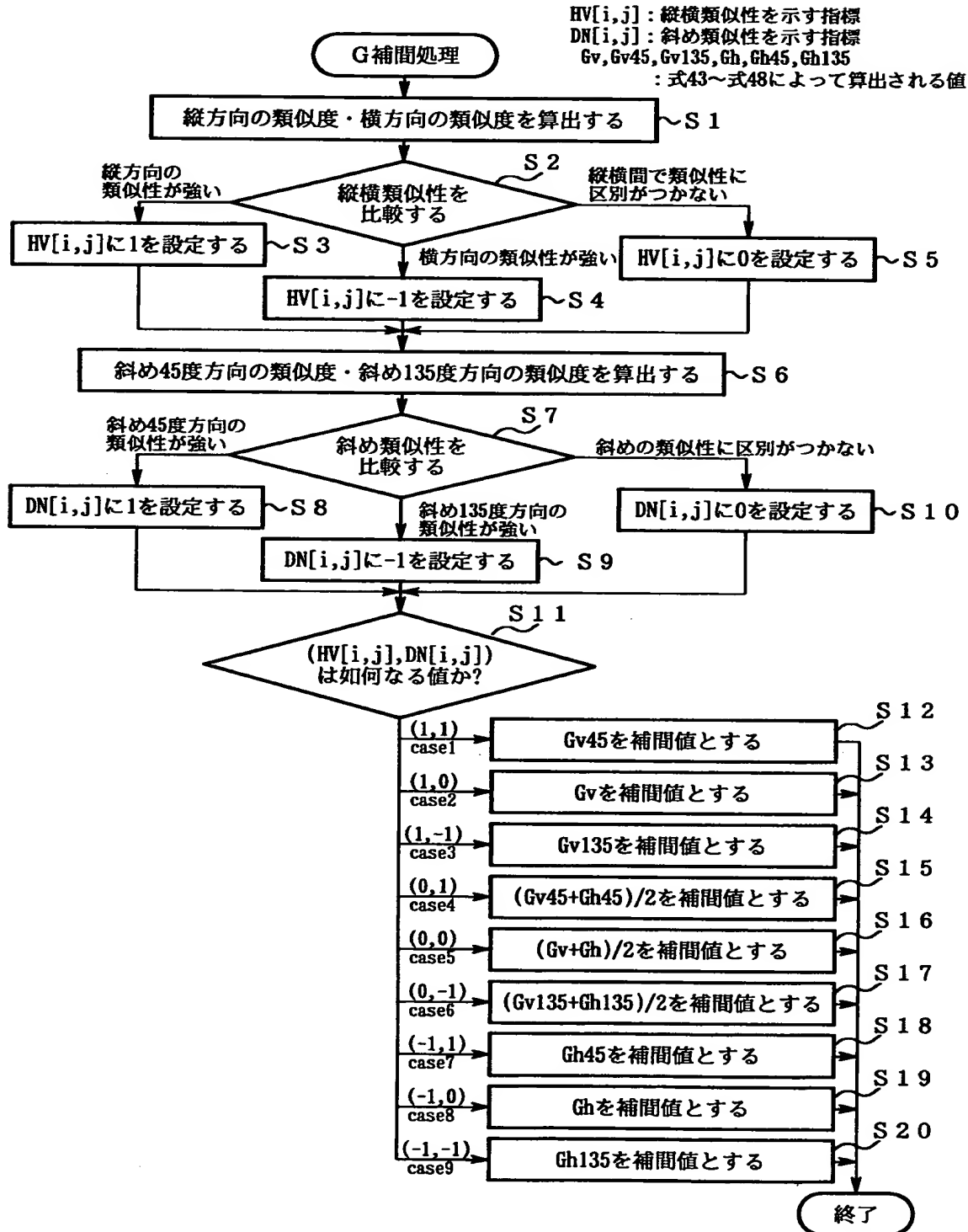
(1)

座標[i,j]	i-2	i-1	i	i+1	i+2
j-2	B	G	B	G	B
j-1	R	G	R	G	R
j	B	G	B	G	B
j+1	R	G	R	G	R
j+2	B	G	B	G	B

(2)

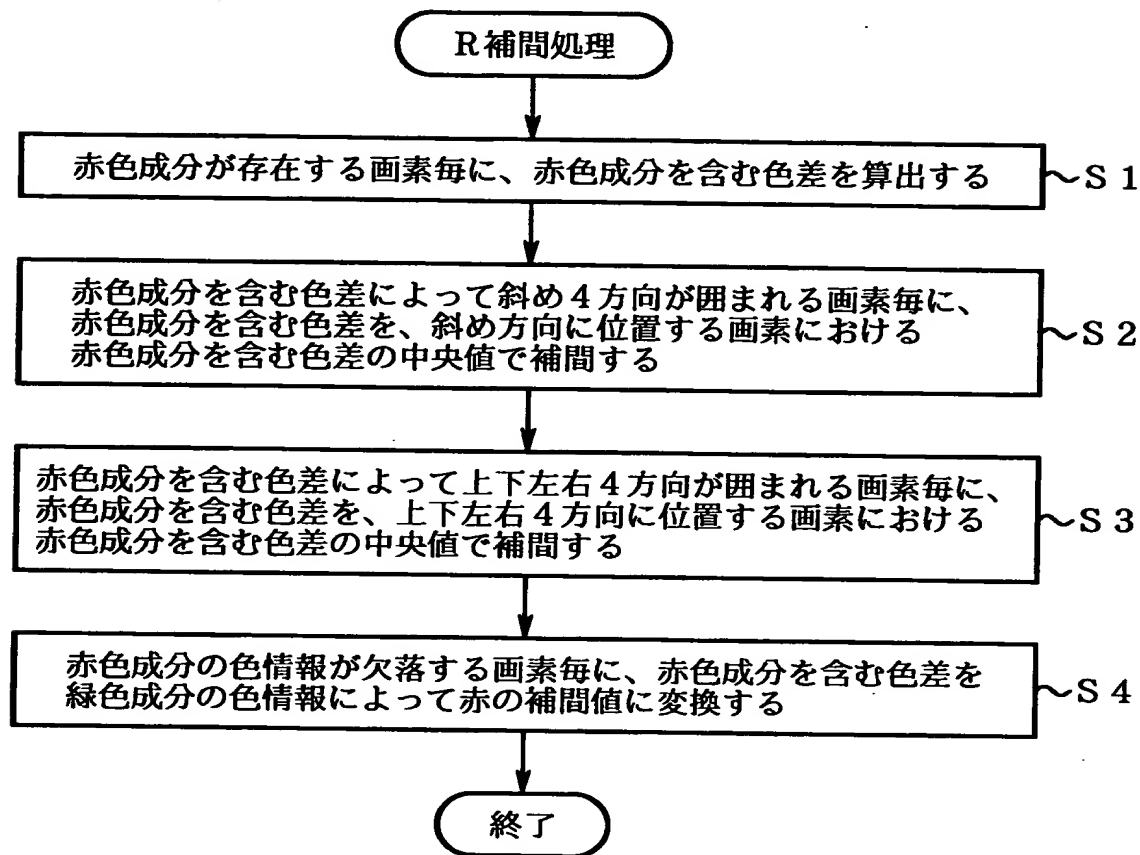
【図 4】

第 1 の実施形態における補間処理部の動作フローチャート(1)



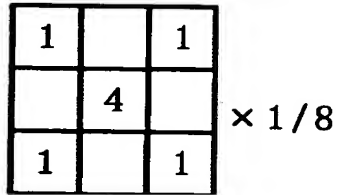
【図 5】

第 1 の実施形態における補間処理部の動作フローチャート(2)

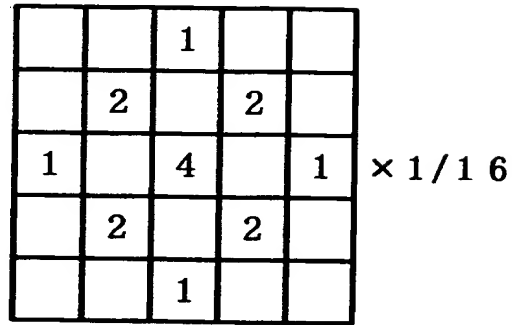


【図 6】

類似度成分の加重加算を説明する図



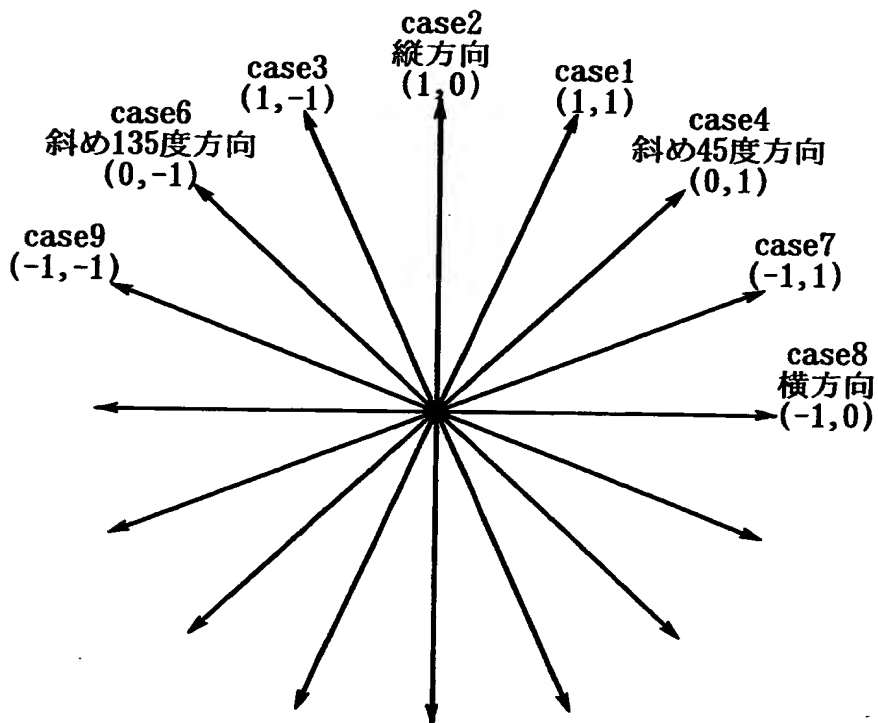
(1) 方法 1 に相当する
類似度成分の加重加算



(2) 方法 2 に相当する
類似度成分の加重加算

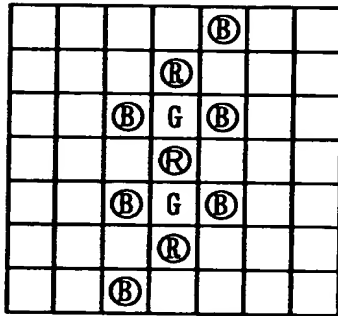
【図 7】

(HV[i, j], DN[i, j]) の値に対応する類似性の強い方向を示す

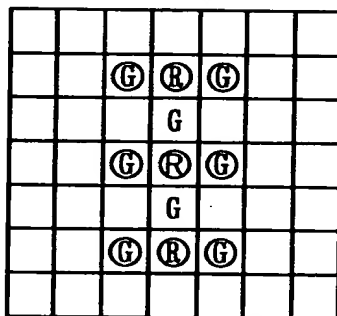


【図 8】

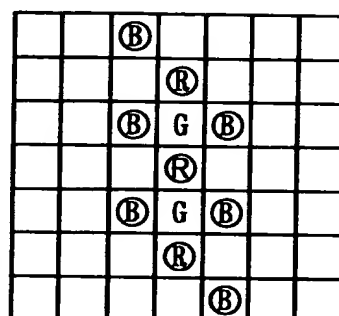
緑の補間値を算出する際に用いる色情報の位置を示す図



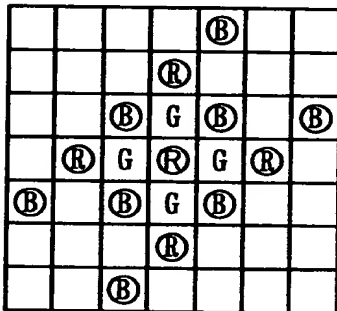
case1 : (HV,DN)=(1,1)



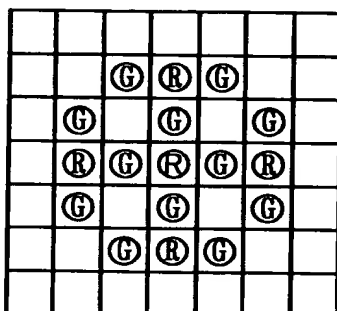
case2 : (HV,DN)=(1,0)



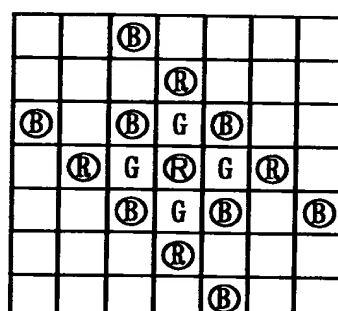
case3 : (HV,DN)=(1,-1)



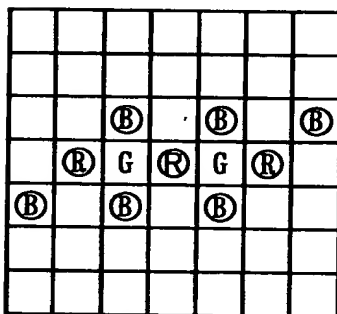
case4 : (HV,DN)=(0,1)



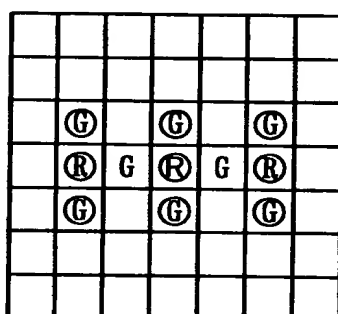
case5 : (HV,DN)=(0,0)



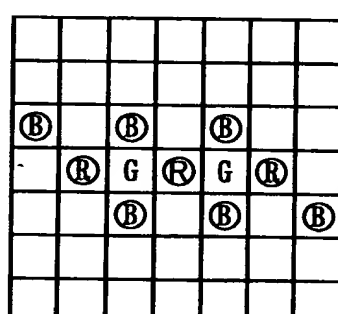
case6 : (HV,DN)=(0,-1)



case7 : (HV,DN)=(-1,1)



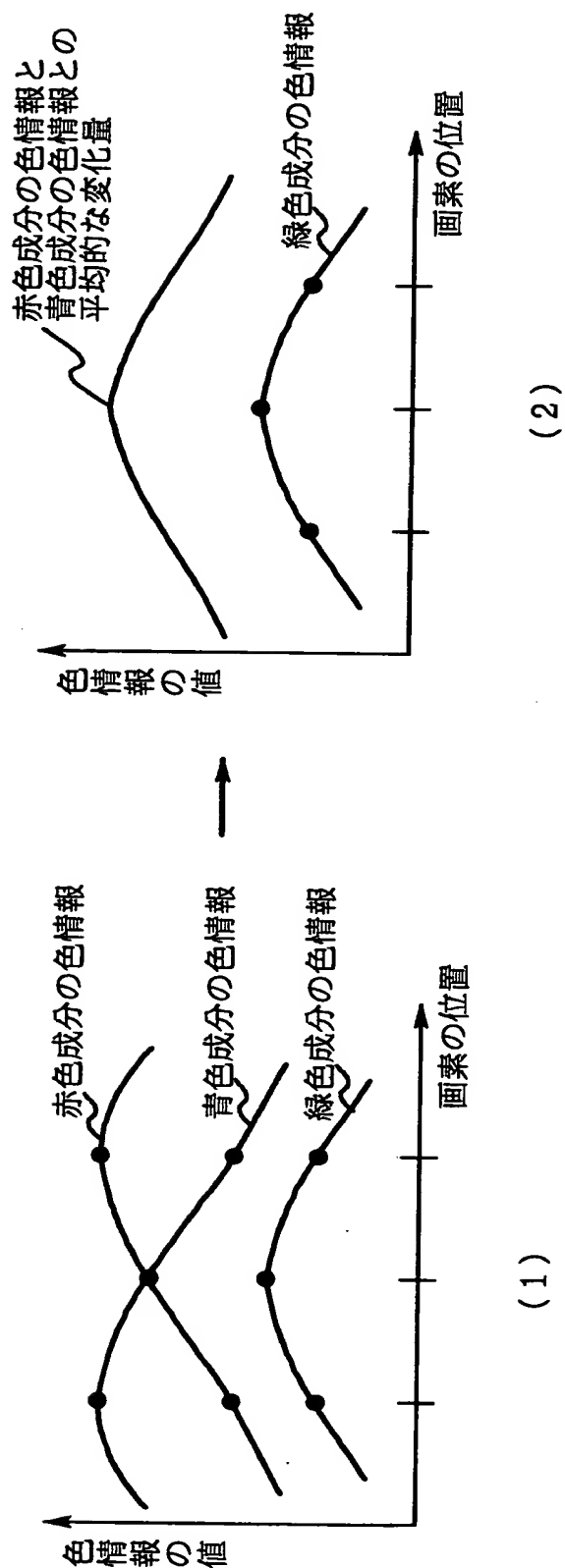
case8 : (HV,DN)=(-1,0)



case9 : (HV,DN)=(-1,-1)

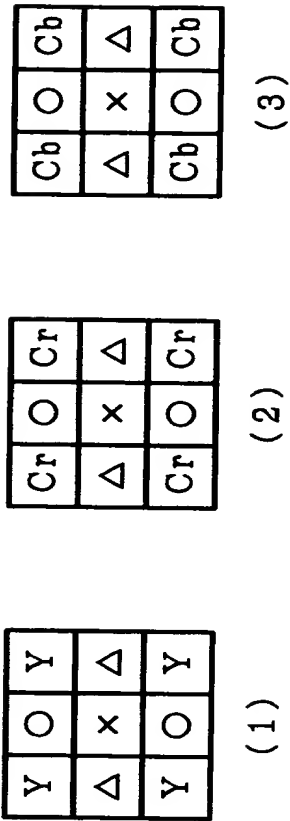
【図 9】

倍率色収差の影響が解消される様子を説明する図



【図 1 0】

従来のmedian処理を説明する図



【図 1 1】

第 1 の実施形態におけるmedian処理の動作を説明する図

座標[m,n]	m-1	m	m+1
n-1	Cr		Cr
n		×	
n+1	Cr		Cr

(1)

座標[m,n]	m-1	m	m+1
n-1		Cr	
n	Cr	×	Cr
n+1		Cr	

(2)

【図 1 2】

第 1 の実施形態におけるmedian処理の範囲を説明する図

Cr		Cr
	×	
Cr	○	Cr
	×	
Cr		Cr

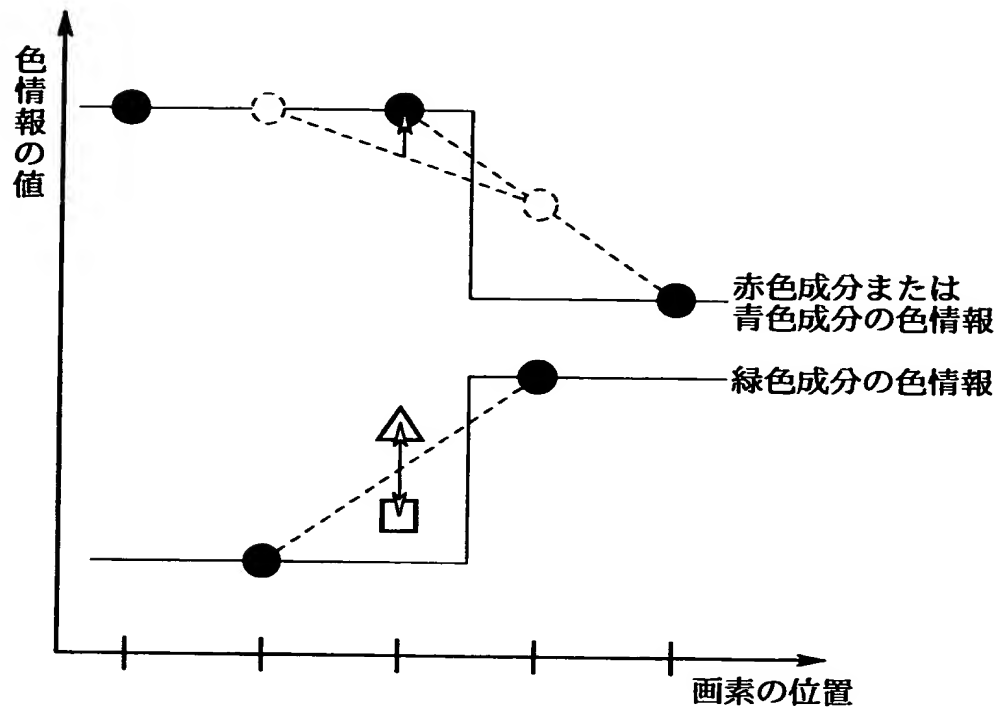
(1)

Cr		Cr		Cr
	×	△	×	
Cr		Cr		Cr

(2)

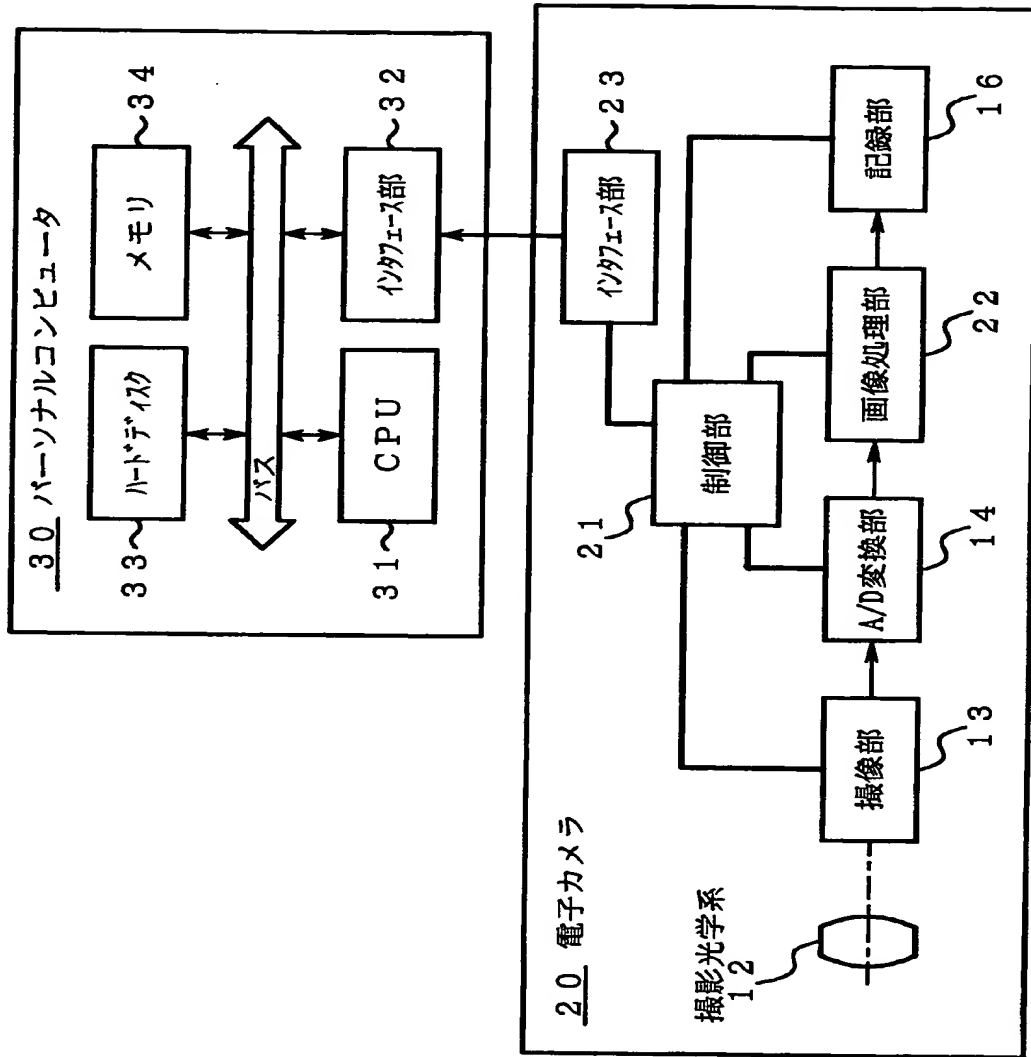
【図 1 3】

第 3 の実施形態における加重係数の役割を説明する図



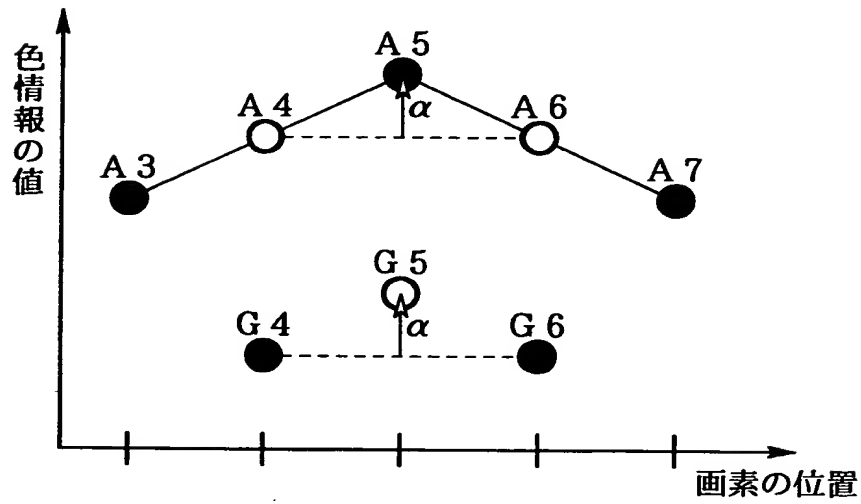
【図 1 4】

第5の実施形態における機能ブロック図



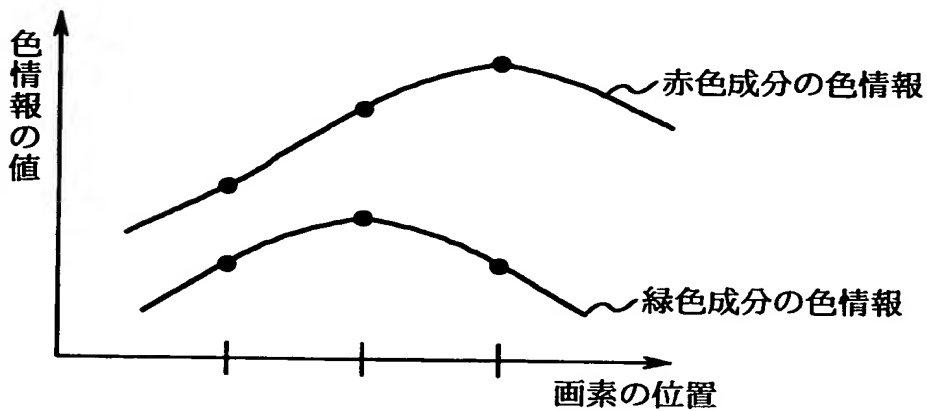
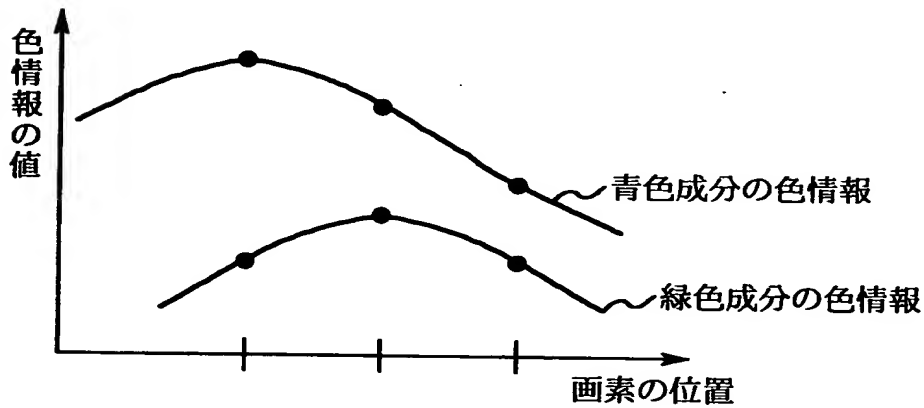
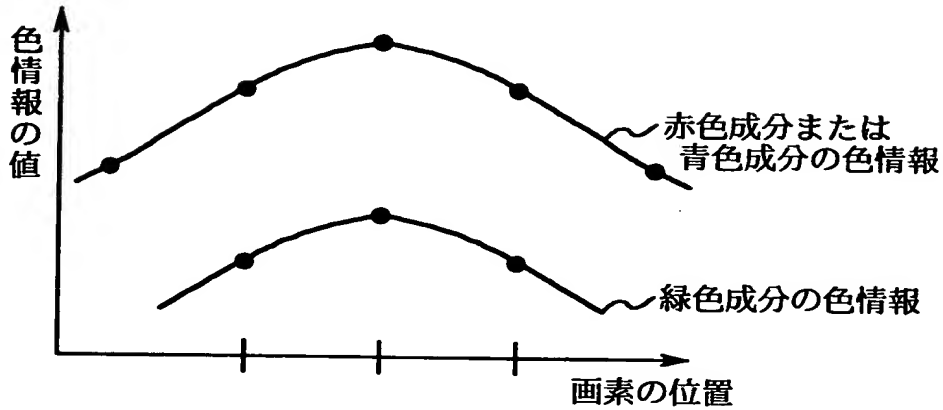
【図 1 5】

従来の補間処理の例を説明する図



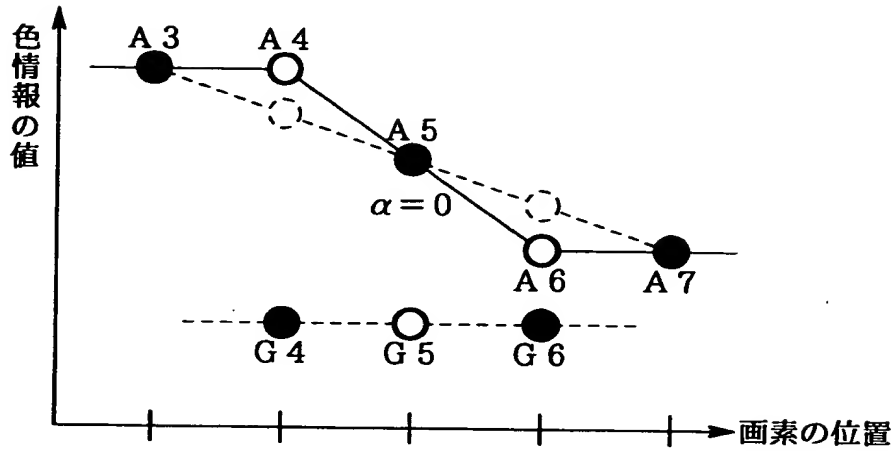
【図 1 6】

倍率色収差の影響を説明する図

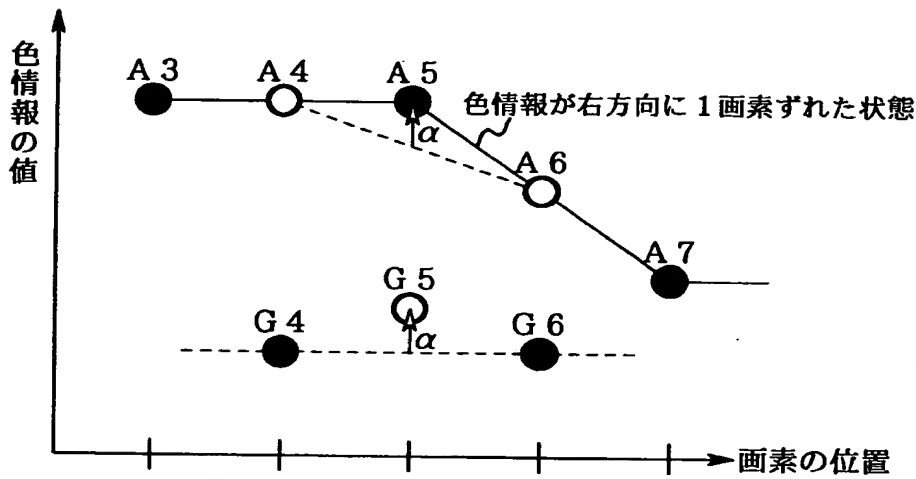


【図 1 7】

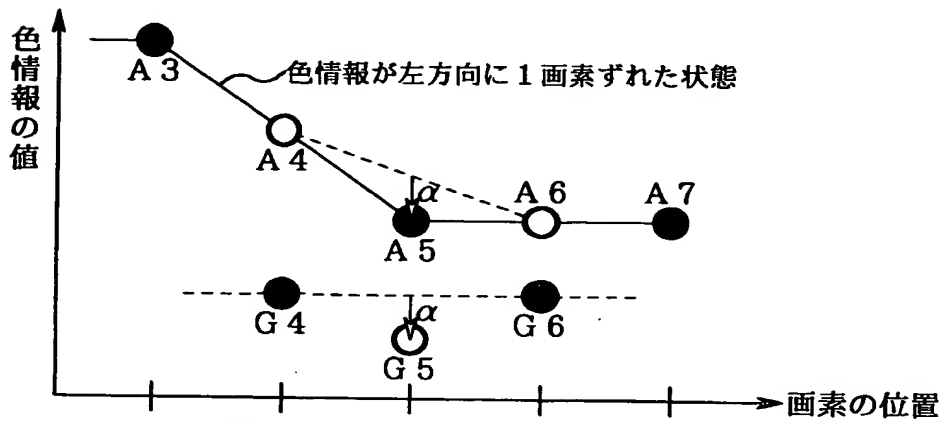
倍率色収差による過補正を説明する図



(1) 倍率色収差が存在していない場合



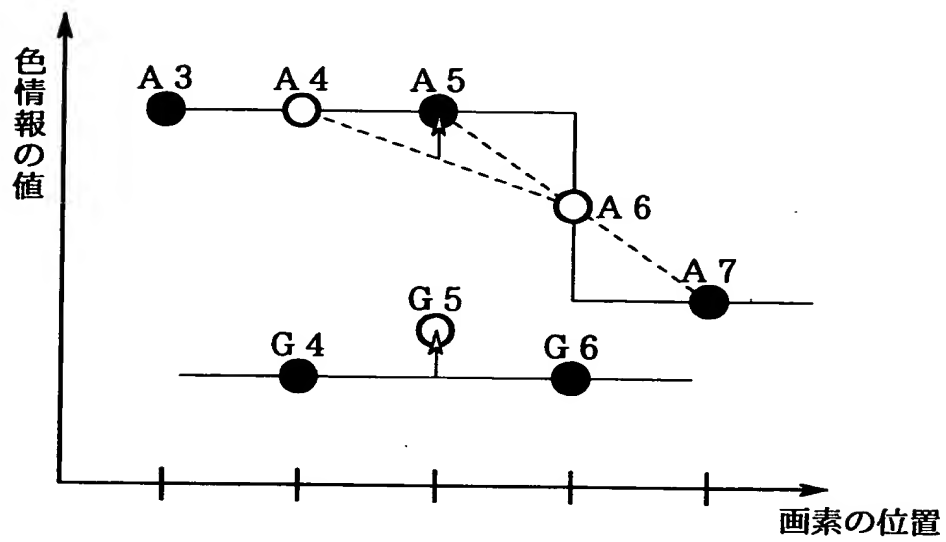
(2) 倍率色収差によってovershootが生じた状態



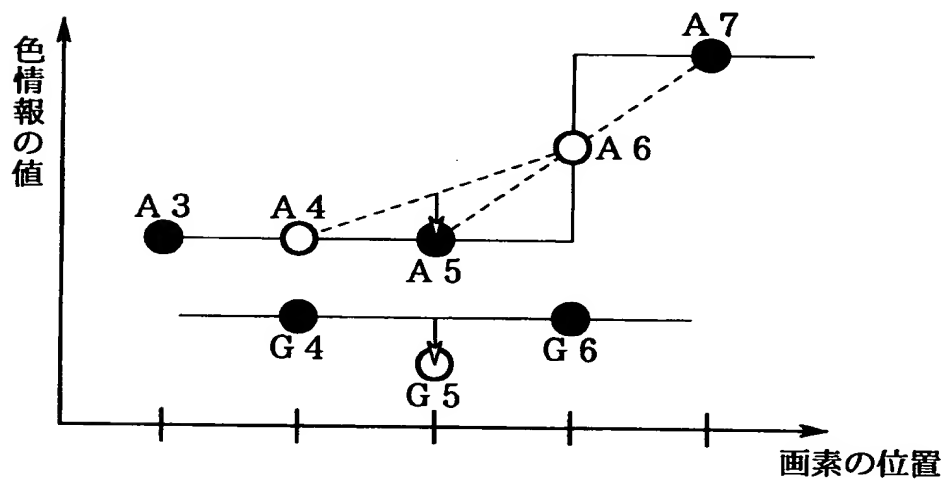
(3) 倍率色収差によってundershootが生じた状態

【図 1 8】

色境界部分における過補正の影響を示す図



(1) overshootが生じる状態



(2) undershootが生じる状態

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 カラーの画像データに対し、各々の画素に欠落する色成分や輝度成分を補う補間処理を行う補間処理装置および該補間処理をコンピュータで実現させるための補間処理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関し、偽色の発生を抑制することを目的とする。

【解決手段】 第 1 ～ 第 n ($n \geq 3$) の色成分から成る表色系で示され、各々の画素に単一の色成分の色情報が存在する画像データに対し、第 1 色成分が欠落する画素に第 1 色成分の色情報に相当する補間値を補う補間処理装置において、少なくとも、補間対象画素の近傍に位置する周辺画素の色情報を用いて、第 1 色成分に関する平均情報を表す第 1 項と、補間対象画素と同一の色成分に関する変曲情報を表す第 2 項と、補間対象画素と異なる色成分に関する変曲情報を表す第 3 項とで構成される補間値を算出する補間値算出手段を備えている。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名 株式会社ニコン